Gouvernement du Canada | Government of Canada

Brevets dans l'espace

Mettre l'innovation en valeur dans le secteur spatial canadien

Canada

Cette publication est également offerte par voie électronique au **Canada.ca/propriteintellectuelle**

Coordonnées
Centre de services à la clientèle
Office de la propriété intellectuelle du Canada Innovation,
Sciences et Développement économique Canada
Place du Portage I
Bureau C229, 2e étage
50, rue Victoria
Gatineau (Québec) K1A 0C9

Tél. (sans frais) : 1-866-997-1936
ATS : 1-866-442-2476
Téléc. : 819-953-2476
ic.contact-contact.ic@canada.ca

Autorisation de reproduction
À moins d'indication contraire, l'information contenue dans cette publication peut être reproduite, en tout ou en partie et par quelque moyen que ce soit, sans frais et sans autre permission du ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique, pourvu qu'une diligence raisonnable soit exercée afin d'assurer l'exactitude de l'information reproduite, que le ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique soit mentionné comme organisme source et que la reproduction ne soit présentée ni comme une version officielle ni comme une copie ayant été faite en collaboration avec le ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique ou avec son consentement.

Pour obtenir l'autorisation de reproduire l'information contenue dans cette publication à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne à http://www.ic.gc.ca/eic/site/ icgc.nsf/frm-fra/EABV-9DDLWL

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par le ministre de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique, 2018

N.B. Dans cette publication, la forme masculine désigne tant les femmes que les hommes.

N° de catalogue : lu54-68/1-2018F-PDF
ISBN : 978-0-660-27270-2

Pour obtenir un exemplaire de la stratégie de recherche, communiquer avec l'OPIC à l'adresse OPIC-IPResearch@canada.ca.

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES DE LA PAGE COUVERTURE :
Un nouveau système de vision pour Dextre: Agence spatiale canadienne, NEPTEC
Lever du soleil dans l'Ouest canadien: Agence spatiale canadienne, NASA

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE 3

INTRODUCTION 4

BREVETS ET INNOVATION 6

ÉLABORATION DE LA STRATÉGIE DE RECHERCHE DE BREVETS 7

L'INDUSTRIE SPATIALE : ÉCONOMIE ET INNOVATION 9

L'OCTROI DE BREVETS DANS LE SECTEUR SPATIAL 12

CONCLUSION 36

ANNEXE A 38

ANNEXE B 39

NOTES 40

Le rapport *Brevets dans l'espace* est un effort déployé conjointement par l'Office de la propriété intellectuelle du Canada (OPIC) et l'Agence spatiale canadienne (ASC). Le rapport cherche à développer une perspective plus détaillée du brevetage dans le secteur spatial canadien et présente une méthodologie de recherche affinée qui pourra être reprise par d'autres pays œuvrant dans le domaine spatial.

L'**OPIC** a misé sur son expertise générale pour mettre au point une stratégie de recherche exhaustive de brevets, avec l'aide d'examinateurs de brevets spécialisés en génie mécanique et électrique. Les analyses de brevets, les analyses économétriques ainsi que les représentations visuelles de données par secteur d'activité spatiale ont également été fournies par l'OPIC.

L'**ASC** a fourni des renseignements et des données propres à l'espace, un soutien méthodologique et des évaluations des tendances économiques, grâce à l'expertise de nombreux secteurs, notamment : analyse et recherche économiques; génie technologique et sciences spatiales; et gestion de la propriété intellectuelle dans le secteur spatial.

Auteurs

Elias Collette, chef du Groupe de recherche économique et d'analyse stratégique, Office de la propriété intellectuelle du Canada

David Haight, économiste en chef, Analyse économique et recherche, Agence spatiale canadienne

Sean Martineau, économiste principal, Office de la propriété intellectuelle du Canada

Marc Neville, économiste, Office de la propriété intellectuelle du Canada

Aaron Parsons, analyste de recherche, Agence spatiale canadienne

Collaborateurs

Mazahir Bhagat, étudiant, Office de la propriété intellectuelle du Canada

Michael Bourget, étudiant, Agence spatiale canadienne

Javier Jorge, examinateur de brevets, Office de la propriété intellectuelle du Canada

Amira Khadr, économiste subalterne, Office de la propriété intellectuelle du Canada

Alexandre Parent, agent supérieur, Agence spatiale canadienne

Marie-Josée Potvin, ingénieure principale, Agence spatiale canadienne

Anne-Marie Lan Phan, chef de la Gestion de la PI et transfert des technologies, Agence spatiale canadienne

Hughanna Sheffield, examinateur classification de brevets, Office de la propriété intellectuelle du Canada

Fanny Siauw-Soegiarto, économiste subalterne, Office de la propriété intellectuelle du Canada

Renée St-Amant, économiste principale, Agence spatiale canadienne

Camran Syed, examinateur de brevets, Office de la propriété intellectuelle du Canada

François Ziadé, examinateur de brevets, Office de la propriété intellectuelle du Canada

SOMMAIRE

La mesure de l'innovation n'est pas une mince tâche. Toutefois, les données sur les brevets constituent un bon point de départ pour relever ce défi, puisqu'elles fournissent de l'information importante sur les connaissances techniques précises enchâssées dans les inventions. Le présent rapport, issu d'un effort déployé conjointement par l'OPIC et l'ASC, vient faire la lumière sur les dépôts de brevets dans le secteur spatial canadien.

De façon générale, ce rapport est l'aboutissement d'une analyse documentaire complète, d'une compilation de données propres aux organismes provenant du rapport annuel de l'ASC sur *l'État du secteur spatial canadien* et d'une stratégie rigoureuse de recherche de brevets.

Le rapport montre qu'à l'échelle mondiale, le dépôt de brevets dans le secteur spatial a connu une hausse constante au cours des 40 dernières années. En effet, le nombre d'inventions brevetées annuellement est aujourd'hui 20 fois supérieur à ce qu'il était en 1978, grimpant de 320 à 6 419. En outre, le rapport révèle que le Canada exerce une influence internationale plus forte que sa taille le laisse croire, ce qui pourrait indiquer un avantage technologique pour son secteur spatial.

Ce rapport souligne l'importance des petites et moyennes entreprises (PME) pour l'innovation dans le secteur spatial canadien. Les PME représentent 83 % des organismes qui détiennent des inventions brevetées et elles sont à l'origine de 83 % de l'ensemble des inventions brevetées dans le secteur. Les PME sont également responsables de 30 % des revenus et de 30 % des dépenses engagées dans la recherche et le développement (R. et D.). Quant aux segments de la chaîne de valeur, entre 2000 et 2015, l'activité canadienne dans le domaine des brevets menée en amont a augmenté, passant de 23 % à 60 %. Cette hausse suit la tendance canadienne et internationale vers des activités et des revenus dans le secteur spatial privé.

À l'aide des données du rapport annuel de l'ASC sur les organismes du secteur spatial, de pair avec des données sur les brevets, le présent rapport présente de multiples relations économiques positives. Ces relations comprennent : une relation entre le nombre d'employés en R. et D. par organisme et le nombre d'inventions brevetées annuellement; une relation entre le revenu et les dépenses en R. et D.; une relation entre le revenu et les employés en R. et D.; une relation entre les dépenses en R. et D. et les employés en R. et D.; ainsi qu'une relation entre les dépenses en R. et D. et le nombre d'inventions brevetées annuellement.

Ce rapport s'appuie sur des représentations visuelles pour présenter des données de manière exhaustive. Les cartes panoramiques constituent une forme de telles représentations visuelles et servent à repérer des mots clés, des codes de classification internationale des brevets et des technologies clés mises au point dans le secteur spatial canadien. Dans ce rapport, ces cartes sont subdivisées par segment de chaîne de valeur et secteur d'activité au sein du secteur spatial canadien.

Globalement, ce rapport contribue à décrire les secteurs d'activité et les domaines de recherche clés qui s'inscrivent dans le secteur spatial canadien. Les renseignements qui sont consignés dans ce rapport peuvent servir de tremplin à d'autres recherches plus approfondies sur des technologies spatiales ciblées.

INTRODUCTION

L'espace — peu de mots peuvent susciter autant d'émerveillement et de curiosité. Nous imaginons tant de possibilités, puis nous essayons de les concrétiser en résolvant certains plus grands problèmes scientifiques. Pourtant, le secteur spatial n'en est encore qu'à ses premiers pas, le premier vaisseau spatial habité n'ayant atteint la frontière de notre système solaire qu'en 2012. Nous sommes bien loin de comprendre l'univers et tous ses mystères.

Le secteur spatial est très innovateur et génère des produits et des services dont les Canadiens profitent chaque jour. À l'échelle mondiale, le secteur spatial nous a apporté les télécommunications longue distance, l'énergie solaire, la mousse mémoire, le revêtement anticorrosion, la pompe à insuline, les implants cochléaires, un meilleur dépistage des maladies cardiovasculaires et du cancer du sein, des filtres à eau, des verres anti-rayures et, bien sûr, le Velcro.[i] Le secteur spatial occupe une part importante de l'économie canadienne, ayant généré des revenus de 5,5 milliards de dollars canadiens et près de 10 000 emplois au Canada en 2016.

Le satellite Hermes (Source : Agence spatiale)

L'ingéniosité canadienne a été et demeure importante dans le développement de nouvelles technologies révolutionnaires pour explorer l'espace. Le Canadarm, qui a été introduit en 1981 et retiré en 2011, est devenu synonyme du programme spatial du Canada. Actuellement le Canadarm2 est utilisé sur la Station spatiale internationale (SSI). Additionnellement, au cours des dernières décennies, les chercheurs canadiens ont contribué à amener l'exploration spatiale à la fine pointe, et ce, à de nombreux égards. Par exemple, en 1971, le Canada a commencé à travailler avec la NASA à la mise au point d'un Satellite technologique de communication (STC) expérimental appelé Hermes. Le satellite, qui a été lancé en 1976, était le satellite de communication le plus puissant de l'époque. Un autre exemple d'ingéniosité canadienne en technologie spatiale concerne le sous-système d'isolation contre les vibrations en microgravité, qui utilise la lévitation magnétique pour protéger les expériences fragiles contre les vibrations dans les endroits où la gravité est faible. Mis au point pour le

Programme des sciences en microgravité de l'ASC, il a été utilisé à bord du module spatial russe Priroda et il en est aujourd'hui à sa troisième génération. Plus récemment, des chercheurs de l'Université de Guelph ont travaillé à des techniques qui pourraient un jour permettre la culture de végétaux sur la lune ou sur Mars.[ii]

Bien que les brevets dans le secteur spatial ne soient pas aussi courants que dans les autres secteurs manufacturiers et technologiques, ils ont acquis une importance accrue, le nombre de brevets dans ce secteur ayant presque quadruplé à l'échelle internationale entre 1991 et 2011 . Il n'existe actuellement aucun tableau détaillé de l'activité dans le domaine des brevets au sein de l'industrie spatiale canadienne. Le présent rapport, qui découle d'un effort de collaboration entre l'ASC et l'OPIC, vient faire la lumière sur cet important et fascinant secteur de l'innovation. De façon générale, ce rapport est l'aboutissement d'une analyse documentaire exhaustive, d'une compilation de données propres aux organismes, d'une stratégie complète et ciblée de recherche de brevets ainsi qu'un examen rigoureux de la stratégie de recherche pour veiller à l'obtention de résultats fiables.

Le reste du rapport est structuré de la manière suivante. La section qui suit porte sur les brevets en tant que mesure de l'innovation. La troisième section présente l'élaboration de la stratégie de recherche de brevets. La quatrième section passe en revue le secteur spatial au Canada, présentant un aperçu de la structure du secteur et de son impact économique. La cinquième section examine plus en profondeur les données sur les brevets, puis la structure économique du secteur spatial. La dernière section contient quelques conclusions.

BREVETS ET INNOVATION

La mesure de l'innovation n'est pas une tâche facile. Il n'existe actuellement aucun indicateur universel permettant de mesurer l'activité d'innovation. Cependant, l'activité dans le domaine des brevets a été qualifiée de bon indicateur de l'activité d'innovation et, à l'échelle internationale, l'industrie spatiale a reconnu que le nombre annuel de brevets déposés constituait le principal indicateur pour mesurer l'innovation.[iv] En outre, il est souligné dans le rapport The Use of *Intellectual Property Rights and Innovation by Manufacturing Firms in Canada* que les premiers innovateurs au monde déposent des brevets plus fréquemment et que les entreprises qui sont moins productives à cet égard ont tendance à être des imitateurs.[v] L'étude révèle en outre que les entreprises qui protègent leur propriété intellectuelle (PI) sont plus susceptibles d'accroître leurs profits que celles qui ne le font pas. De plus, les PME qui font breveter des inventions sont plus susceptibles d'être des entreprises à forte croissance et d'exporter davantage, ce qui contribue de façon importante à leur réussite.[vi] Ces conclusions ont été corroborées par une étude canadienne qui a révélé que les entreprises qui innovent de manière constante et lancent des produits entièrement nouveaux qui sont protégés par un brevet réalisent des profits supérieurs.[vii] Enfin, bien que certaines inventions ne soient pas brevetées, des brevets sont obtenus à l'égard de presque toutes les inventions qui revêtent une importance économique et historique.[viii]

Les données sur les brevets, comme la plupart des ensembles de données, comportent leurs limites. Bien que les brevets mesurent le flux de nouvelles idées, ils ne mesurent l'innovation que partiellement, et ce, pour trois raisons importantes : les brevets n'incluent pas les innovations non brevetées (p. ex. les secrets commerciaux); ce ne sont pas tous les brevets qui mènent à la commercialisation; et de nombreux brevets sont de nature stratégique.[ix] Les secrets commerciaux sont importants lorsqu'il est question de technologies spatiales, puisque certaines de ces technologies seront lancées dans l'espace et la possibilité d'être désossées ou volées est moins préoccupante que dans d'autres secteurs. Par conséquent, les inventions liées au domaine spatial sont plus susceptibles d'être omises dans le dénombrement des brevets que les inventions issues d'autres secteurs de l'innovation.

Les données de brevets peuvent être envisagées ou interprétées sous différents angles, dont les principaux sont les suivants :

Accès au marché : **Lorsqu'un organisme décide de faire breveter une invention dans un marché donné, il signale que ce marché est important pour lui. Par conséquent, le nombre agrégé de brevets que détient un organisme à l'échelle mondiale révèle les endroits où il entend fabriquer et vendre les produits qui découlent de son innovation. Cependant, cette façon de faire vient doubler et même tripler le nombre d'inventions et ne constitue donc pas une mesure de l'activité d'innovation comme telle.**

Activité d'innovation : **Afin de mieux mesurer l'activité d'innovation, nous devons compter chaque invention brevetée une seule fois, peu importe le nombre de territoires où elle a été brevetée. Heureusement, les ensembles de données sur les brevets internationaux permettent la création de familles de brevets, chacune d'elles comprenant tous les brevets liés à une même invention.**

Avantage relatif : **Lorsque l'on compare des pays de taille différente, il est important de tenir compte de la performance au niveau des brevets, puisqu'il est peu probable que les industries ou les innovateurs de pays plus petits aient un avantage absolu dans un secteur technologique particulier. L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI) ont toutes deux mis au point des mesures qui peuvent s'adapter à la taille du pays.**

ÉLABORATION DE LA STRATÉGIE DE RECHERCHE DE BREVETS

Le repérage de brevets dans une industrie ou un secteur technologique particulier peut s'avérer difficile, puisque les brevets sont classés en fonction de leur contenu scientifique. Cette classification permet d'acheminer la demande de brevet à l'examinateur de brevets compétent. La science présentée dans un brevet donné peut être utilisée dans un grand nombre d'industries et de secteurs technologiques. Pour cette raison, l'élaboration d'une stratégie de recherche de brevets solide est essentielle pour repérer correctement les brevets dans une industrie ou un secteur technologique donné.

L'analyse comprise dans ce rapport est principalement fondée sur les données de familles de brevets compilées par Derwent Innovation et le Derwent World Patents Index. Ces familles sont définies comme regroupant des brevets qui visent la même invention à l'échelle mondiale et dont les relations sont définies en fonction des détails relatifs à la priorité et à la demande revendiquées dans chaque document. Une famille de brevets peut être associée à de multiples classifications. Ainsi, il est important de souligner que les inventions brevetées peuvent apparaître dans plusieurs sous-secteurs de l'industrie spatiale.

La section suivante décrit sommairement le processus par étape, et parfois itératif, que l'OPIC et l'ASC ont entrepris pour en arriver à une stratégie de recherche qui permet de générer un ensemble de données reflétant de manière optimale l'activité liée aux brevets dans le secteur spatial. L'objectif comportait deux volets : d'abord, l'extraction de données sur les brevets afin de mieux comprendre l'activité liée aux brevets dans l'industrie spatiale au Canada; puis la création d'une valeur de référence à des fins de comparaison avec d'autres pays œuvrant dans le domaine spatial.

La tâche de création d'une stratégie de recherche permettant de repérer des brevets liés au secteur spatial suppose l'identification de termes et de codes de classification de brevet précis. La première étape consiste à examiner les méthodologies actuelles, les pratiques exemplaires et les leçons apprises. Le *Handbook on Measuring the Space Economy* 2012 de l'OCDE a été utilisé comme base pour la stratégie de recherche. Le système de Classification internationale des brevets (CIB) pour les technologies a servi à classer les documents de brevet, puisqu'il assure une méthode uniforme. Ainsi, l'information a pu être compilée au niveau international; le système permet également de préciser la classification au niveau national pour une analyse comparative plus poussée, comme il est expliqué dans la section *L'octroi de brevets dans le secteur spatial* du présent rapport.

La deuxième étape consiste à mobiliser les examinateurs de brevets qui travaillent dans les secteurs technologiques où les brevets du domaine spatial sont les plus courants. Un examinateur de la classification de l'OPIC a été sollicité pour participer à la production et au perfectionnement d'une liste de codes et de mots clés pour la CIB, associés à l'industrie spatiale. Afin de consolider davantage la stratégie de recherche et de réduire le nombre d'inventions non liées aux technologies spatiales, les ingénieurs de l'ASC et les examinateurs de brevets de l'OPIC ont apparié une liste plus précise de mots clés de l'industrie aux codes de CIB qui avaient été définis.

Enfin, une liste des codes et mots clés pour la CIB ont été choisis en fonction de leur pertinence et de leur correspondance avec quatre technologies de pointe dans le secteur

spatial canadien : la robotique spatiale, l'optique, la télécommunication par satellite et le radar spatial. La stratégie de recherche définitive, laquelle couvre la période allant de 1996 à 2015, compte 58 codes de CIB et plus de 185 mots clés; elle a généré un résultat final de plus de 86 000 inventions brevetées à l'échelle mondiale. Cet ensemble de données a servi à analyser la tendance internationale et à effectuer l'analyse comparative.

Parmi les 86 000 inventions dans le monde, plus de 1 200 impliquaient un organisme, un gouvernement, un universitaire ou un établissement de recherche canadien. Par souci de précision, nous utiliserons le terme « organismes » pour désigner les groupes de firmes et les établissements de recherche dans le reste du rapport. Ces 1 200 inventions brevetées appartiennent à plus de 200 organismes canadiens. Il est important de souligner que même si les établissements de recherche étaient inclus dans l'analyse, les universités ont été exclues puisqu'il a été établi que ce rapport serait centré sur l'industrie. À l'aide des données du rapport annuel de l'ASC sur le secteur spatial, l'identité des organismes œuvrant dans le secteur spatial canadien a été confirmée. Ils comprennent les organismes dont la totalité des revenus est générée dans l'industrie spatiale ou les organismes dont les activités sont dites liées à l'industrie spatiale. Plus précisément, un ensemble de critères a été utilisé pour désigner les organismes œuvrant dans l'industrie spatiale, et ceux n'étant pas actifs dans ce domaine ont été retirés. Les organismes qui ont été retirés présentaient les critères suivants : il n'était pas possible de classer l'organisme dans l'axe, le secteur et la chaîne de valeur; l'organisme n'œuvrait pas dans le secteur spatial malgré les premières indications contenues dans les données sur les brevets; ou l'organisme n'était plus en activité et il n'était pas possible de confirmer le type d'activités associées à l'organisme.

Ce filtre a généré un sous-ensemble de 128 organismes exploités dans le secteur spatial canadien et ayant ou demandant des brevets dans ce domaine. Ce sous-ensemble est appelé ci-après l'ensemble de données ASC-OPIC. Bien que ces données ne représentent pas la totalité du secteur spatial canadien, elles en sont une très bonne représentation, puisque les dix plus grands organismes représentent près de 90 % des revenus et plus de 70 % des emplois dans ce secteur.[x] Parmi les dix plus grands organismes, huit ont été désignés actifs sur le plan des brevets et figurent dans l'ensemble de données ASC-OPIC. L'ensemble de données sur les brevets qui en découle sert à l'analyse approfondie du secteur spatial canadien. À titre de résumé, la figure 1 présente une répartition des inventions brevetées par ensemble de données.[1]

Figure 1 : Répartition des inventions brevetées par ensemble de données, 1996 à 2015

[1] Pour obtenir un exemplaire de la stratégie de recherche, communiquer avec l'OPIC à l'adresse OPIC-IPResearch@canada.ca.

L'INDUSTRIE SPATIALE : ÉCONOMIE ET INNOVATION

Les données historiques sur le secteur spatial sont limitées, et elles ne sont accessibles au public que depuis 2005. La figure 2 indique la croissance, en termes réels, des secteurs spatiaux au Canada et dans le monde. En 2005, les revenus mondiaux dans le secteur spatial étaient supérieurs à 185 milliards de dollars (USD) et avaient augmenté à plus de 323 milliards de dollars (USD) en 2015.[xi] Au Canada, l'histoire montre une croissance plus modeste, ces revenus passant de 2,5 milliards de dollars (CAD) à 3,6 milliards de dollars (CAD) au cours de la même période.[xii]

Revenus des secteurs spatiaux au Canada et dans le monde
Indice de croissance, 2005 = 100

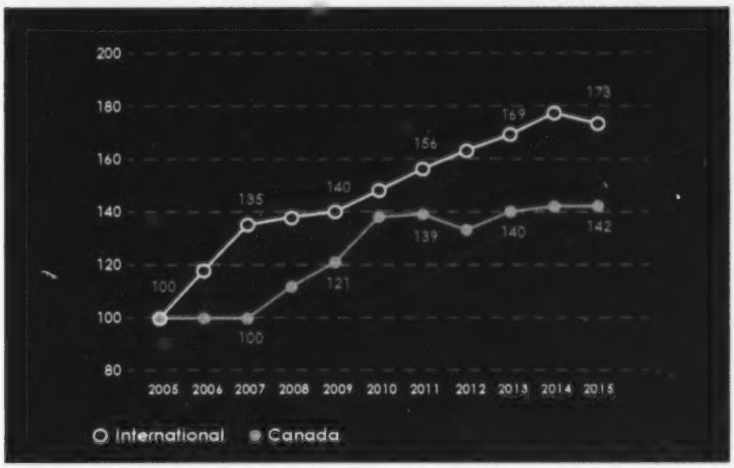


Figure 2 : Analyse comparative de la croissance dans le secteur spatial international et le secteur spatial canadien

L'ASC mène chaque année une enquête sur le secteur spatial canadien depuis 1996 et publie un rapport annuel intitulé *État du secteur spatial canadien*. Ce rapport présente des renseignements détaillés sur l'activité économique générée dans le secteur spatial canadien, mesurée principalement selon les revenus, les exportations et l'emploi. Il met en lumière l'incidence des investissements dans l'innovation spatiale sur l'économie et sert à comparer, à analyser et à faciliter l'interprétation de l'ensemble de données sur les inventions brevetées généré aux fins du présent rapport.

Le rapport 2015 de l'ASC révèle que les dépenses des entreprises pour la R. et D. étaient plus élevées que jamais, avec des investissements de 256 M$ (CAD) ayant été engagés pour la R. et D. En réalité, l'intensité de R. et D. dans la fabrication spatiale est plus de neuf fois supérieure à la moyenne du secteur manufacturier national au Canada.[xiii] Plus précisément, l'intensité de R. et D. dans le secteur de la fabrication spatiale en 2015 était de 32 %, par rapport à l'intensité de R. et D. pour la moyenne du secteur manufacturier qui était de 3,5 % au Canada.[xiv] Cet écart n'est pas étonnant, étant donné la nature complexe du secteur spatial qui exige les technologies les plus perfectionnées.

L'ASC a détaillé l'information de 48 organismes parmi les 128 organismes possédant des inventions brevetées dans le secteur spatial. Ces 48 organismes ont été classés selon les revenus, le nombre d'employés, les dépenses en R. et D. et le nombre de brevets déposés. Des régressions bivariées des 48 organismes ont permis de révéler des corrélations positives significatives sur le plan statistique entre le nombre d'employés en R. et D. par organisme et le nombre annuel d'inventions brevetées; entre les revenus et les dépenses en R. et D.; entre les revenus et les employés en R. et D.; entre les dépenses en R. et D. et les employés en R. et D.; et entre les dépenses en R. et D. et le nombre annuel d'inventions brevetées par l'organisme (les résultats sont présentés à l'annexe A).

La relation entre les dépenses en R. et D. et les employés en R. et D. laisse entendre que les organismes du secteur spatial canadien consacrent la majeure partie de leur budget de R. et D. à l'obtention des services de chercheurs, de scientifiques et d'ingénieurs plutôt qu'à des installations d'essai ou des laboratoires. Ce choix a des répercussions sur le secteur spatial et mérite un examen plus en profondeur.

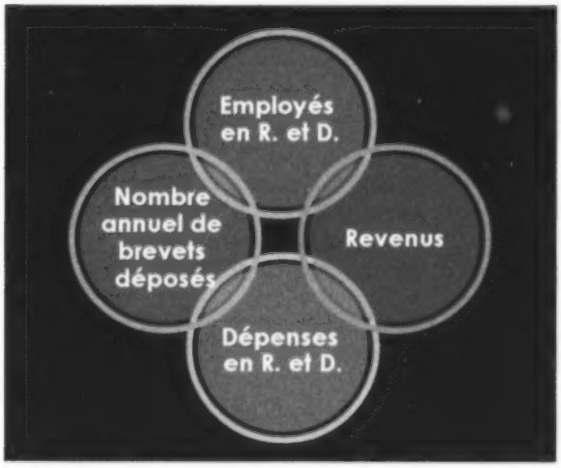


Figure 3 : Relation entre les revenus, les employés, les dépenses en R. et D. et le nombre de brevets déposés

La relation positive entre les dépenses en R. et D. et le nombre de brevets déposés correspond à ce qui figure dans la documentation. Cependant, il n'existe aucune preuve concluante de l'effet du nombre de brevets déposés sur les revenus d'un organisme. Un ensemble de données plus riche serait nécessaire afin de bien comprendre cette relation et le rôle que jouent les brevets pour accroître l'avantage concurrentiel de l'organisation dans le secteur spatial.

Ces similitudes entre le secteur spatial canadien et l'ensemble de données ASC-OPIC suggèrent que l'échantillon est fortement représentatif de l'industrie spatiale canadienne en général, ce qui a été confirmé à l'interne à la suite d'un examen des organismes associés. Cette constatation s'explique également du fait que le secteur spatial canadien est relativement petit et dirigé par un petit nombre d'organismes dominants. Au Canada, les 30 plus grands organismes du secteur spatial sont à l'origine de 98 % des revenus. L'ensemble de données ASC-OPIC a permis de relever 85 % des 30 plus grands organismes (à l'exception des universités).[xv] Le fait que la plupart de ces organismes sont actifs dans le domaine des brevets et qu'ils ont été saisis dans l'ensemble de données ASC-OPIC est révélateur.

Une analyse plus approfondie des données permet de décrire les secteurs d'activités liées aux brevets qui sont les plus actifs. Dans une répartition du nombre d'organismes (48) compris dans le sous-ensemble, 52 % étaient de petits organismes (1 à 99 employés); 31 % étaient des organismes de taille moyenne (100 à 499 employés); et les 17 % restants étaient de grands organismes (500 employés et plus). Les catégories

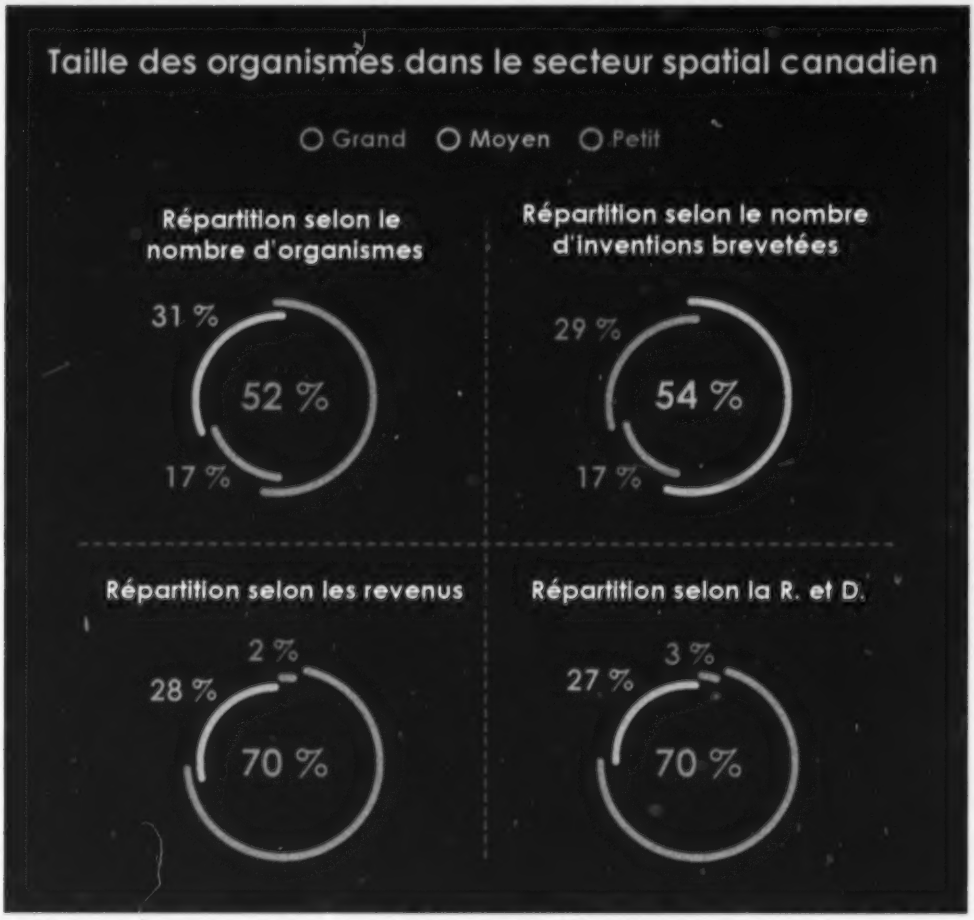


Figure 4 : Taille des organismes dans le secteur spatial canadien

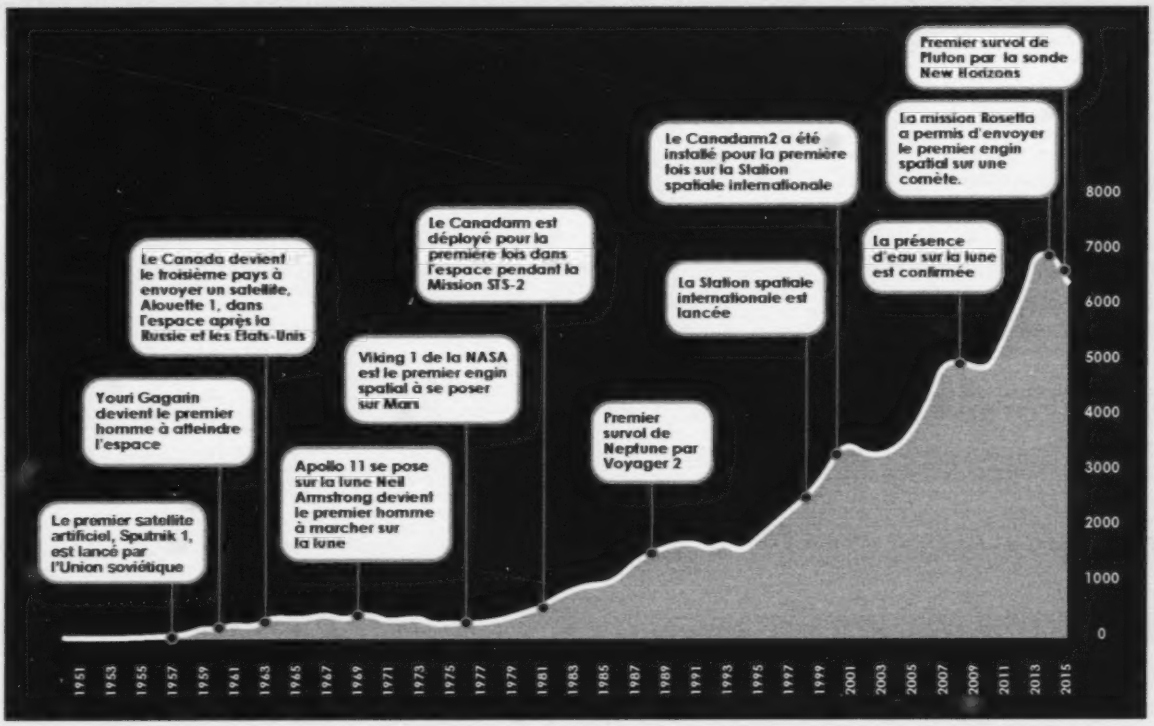
ont été établies selon les regroupements définis dans le rapport de l'ASC sur le secteur spatial canadien, lesquels sont fondés sur la définition de petits, moyens et grands organismes de Statistique Canada. Bien que seulement 17 % étaient de grands organismes, ils étaient à l'origine de 70 % des revenus et de la R. et D. dans le secteur. Par ailleurs, même si les petits organismes étaient à l'origine de 1,8 % des revenus, ils étaient 1,7 fois plus actifs en R. et D. que les grands organismes, et représentaient 3,1 % de la R. et D. En outre, ils étaient à l'origine de 29 % des inventions brevetées. Il semble que le secteur spatial soit caractérisé par un petit nombre de très grands acteurs et un plus grand nombre de petits organismes novateurs. D'autres recherches devront être réalisées afin de mieux comprendre cette dynamique. Toutefois, les enquêtes ont démontré que les petits organismes qui détiennent des brevets sont plus susceptibles d'être des exportateurs et des organismes à forte croissance, ce qui est de bon augure pour le secteur spatial au Canada étant donné le petit nombre d'organismes qui demandent des brevets. [xvi]

L'OCTROI DE BREVETS DANS LE SECTEUR SPATIAL

La perspective internationale

L'activité liée aux brevets dans le secteur spatial pourrait être beaucoup plus prolifique qu'on le croyait. Les données issues de notre stratégie de recherche révèlent que, si le secteur est défini de manière générale, il y avait environ 7 000 inventions brevetées en 2013 (figure 5). À titre de comparaison, une étude de l'OCDE a révélé que l'activité liée aux brevets dans le secteur spatial a atteint un sommet en 2000, le nombre d'inventions brevetées à l'échelle mondiale s'élevant à 1 500.[xvii] En revanche, une étude de l'United Kingdom Intellectual Property Office (UKIPO) a démontré qu'en 2010, il y avait presque 2 500 inventions brevetées dans le seul domaine des technologies par satellite.[xviii] Les différences sont dues aux variantes dans les méthodologies. Ce rapport s'appuie sur une recherche plus exhaustive des codes de CIB et des mots clés descriptifs que les rapports conventionnels d'analyse des brevets. Vu la grande taille des organismes compris dans l'ensemble de données et leur nombre élevé, il n'était pas possible d'évaluer le niveau de participation de chaque entité du secteur spatial comme nous l'avons fait pour le Canada. Cela dit, l'ensemble de données est solide et adapté à une analyse des tendances et à une analyse comparative.

Au début des années 1950, le nombre d'inventions spatiales brevetées était relativement stationnaire. Ce n'est que vers le milieu et la fin des années 1950 que



Inventions brevetées au fil du temps et grands événements internationaux du secteur spatial

le brevetage d'inventions dans le secteur spatial a commencé à s'intensifier. Cette hausse de l'activité coïncide avec le moment où le premier satellite artificiel, Sputnik 1, a été lancé dans l'espace par l'Union soviétique. Le nombre de dépôts dans le secteur spatial international a augmenté graduellement jusqu'à la fin des années 1960. Fait intéressant, après qu'Apollo 11 s'est posé sur la lune et que Neil Armstrong y a fait les premiers pas, le nombre de dépôts a connu une baisse, et ce, jusqu'au début des années 1970. À partir de la fin des années 1970, le nombre de dépôts de brevets dans le secteur spatial a connu une croissance constante, les inventions brevetées étant aujourd'hui 20 fois plus nombreuses qu'en 1978.

Selon les principaux codes de CIB associés aux inventions brevetées dans le secteur spatial (figure 6), nous voyons que chaque technologie évolue à sa manière au fil du temps. Fait intéressant, le nombre d'inventions ayant un code de CIB associé à des véhicules ou à de l'équipement précisément adapté pour l'astronautique (B64G) a augmenté au début du siècle; cette croissance a ensuite ralenti au début et au milieu des années 2000, avant de reprendre son élan de 2010 à 2014. Par ailleurs, les inventions brevetées dans le domaine de la détermination de la direction par radio (G01S), qui représente la plus grande part des inventions, ont connu une croissance constante au cours de la période allant de 1996 à 2015.

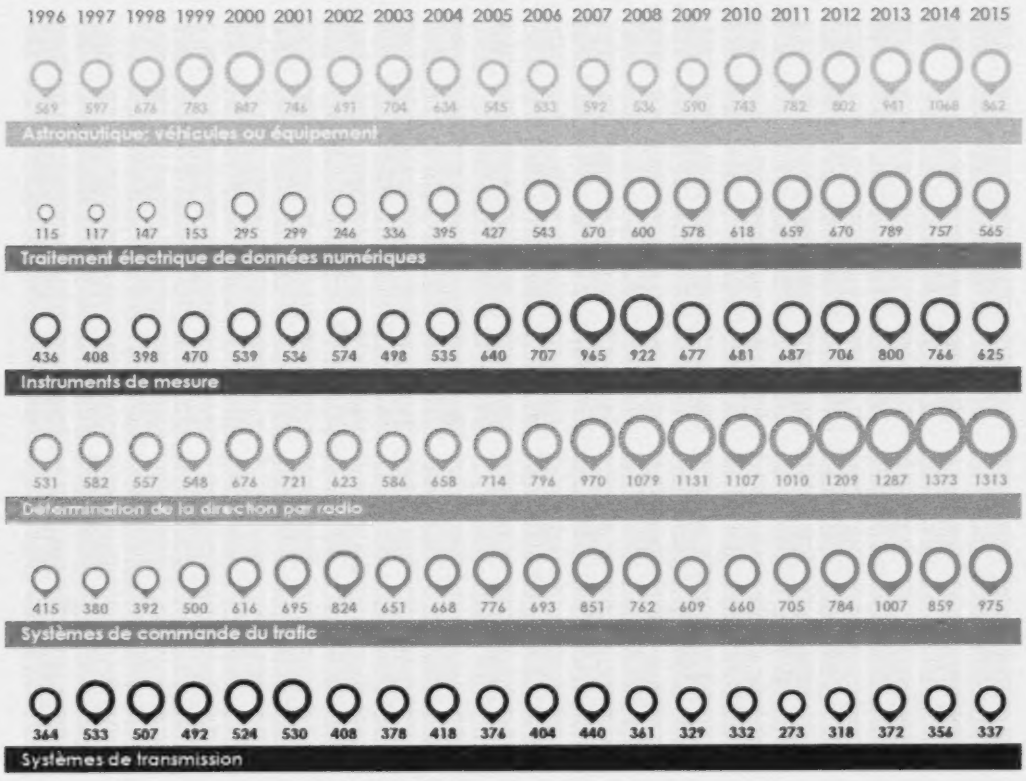


Figure 6 : Évolution de l'innovation selon les technologies

Les autres technologies comprises dans le schéma (traitement électronique de données numériques, instruments de mesure, systèmes de commande du trafic et systèmes de transmission) sont également codées en lien avec de nombreuses inventions touchant le domaine spatial, et chacune semble évoluer différemment au fil du temps, peut-être suivant un changement dans les besoins technologiques du secteur spatial.

L'activité liée aux brevets est un indicateur important de l'innovation au sein d'une industrie et peut expliquer plus clairement les orientations et les types de technologies créées. Voici un exemple de carte panoramique des brevets (figure 7). La carte a été produite à l'aide d'un algorithme qui utilise des mots clés tirés des documents de brevets pour regrouper les brevets selon un langage commun. Les inventions brevetées sont organisées selon des thèmes communs et regroupées à l'intérieur de « contours » sur la carte, afin d'indiquer les secteurs dans lesquels l'activité liée aux brevets est élevée ou faible. Les sommets légèrement colorés en violet représentent la plus forte concentration d'inventions brevetées, et chaque sommet est associé à des termes clés qui forment ensemble les thèmes communs. La distance entre les mots clés permet de mieux illustrer la relation entre les sommets, alors qu'une distance plus courte indique que les inventions brevetées que représentent ces sommets partagent plus de points en commun que celles représentées par des sommets plus éloignés. Les mots situés à proximité les uns des autres peuvent faire partie de systèmes ou de technologies semblables, alors que les mots clés qui sont plus éloignés sont susceptibles d'avoir une relation moins étroite.

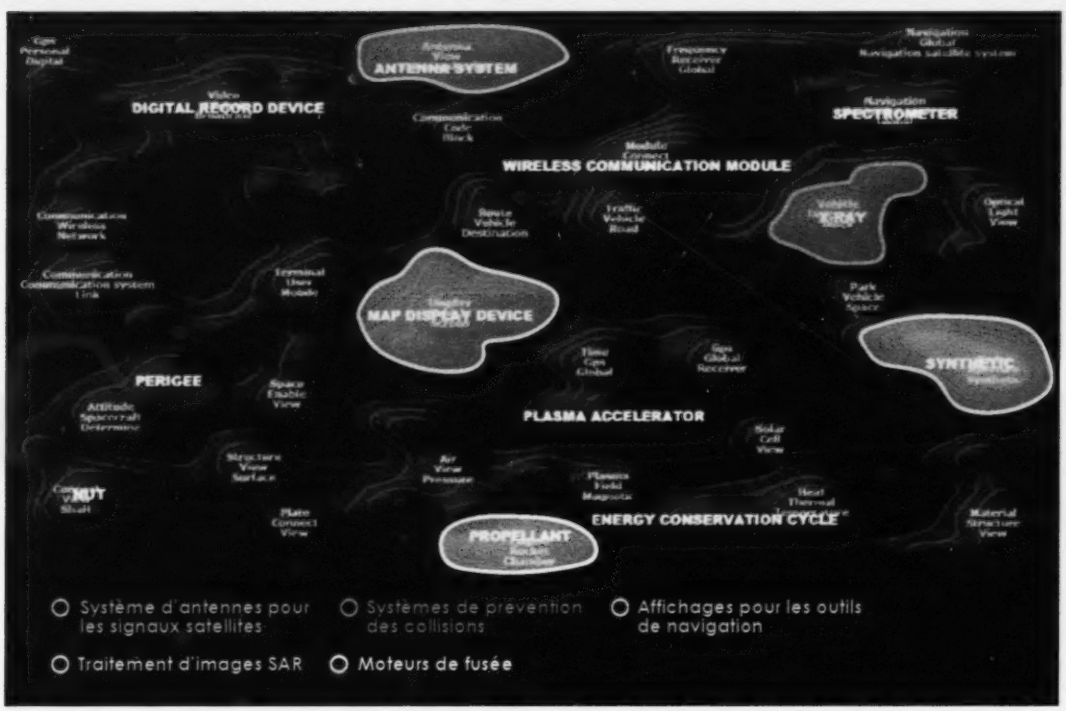


Figure 7 : Carte panoramique des brevets à l'échelle internationale (84 000 inventions brevetées)
Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure7.

Comme il a été souligné précédemment, l'utilisation des mots clés figurant sur la carte, de pair avec les codes de CIB les plus couramment présents dans les brevets, permet de définir divers domaines technologiques pour lesquels il existe une activité liée aux brevets dans le secteur. Il est à noter que de nombreux mots clés sont omniprésents et se retrouveraient également dans d'autres industries et technologies. C'est pourquoi les mots clés propres au secteur de l'espace qui figurent sur la carte panoramique sont plus utiles. Les mots clés les plus fréquemment employés pourraient être appliqués afin de préciser la recherche de brevets. Les mots clés opaques ou moins visibles viendraient apporter un deuxième niveau de précision. Il s'agit de faciliter l'exploration des données sur les brevets pour les personnes qui ont un intérêt pour la technologie ou l'industrie.

La figure 7 ci-dessous démontre que la plus forte concentration d'inventions brevetées dans cet ensemble de données internationales concerne les inventions brevetées qui contiennent des mots clés comme « vidéo, numérique, diffusion », « antenne, affichage, communication », « affichage, véhicule, écran », « moteur, fusée, chambre », « module, connexion, GPS », « trafic, véhicule, route », « véhicule, détermination, bloc », « navigation, système de navigation, mondial », « radar, ouverture, synthétique », et « optique, lumière, bleu ». L'espace bleu foncé qui sépare les éléments topographiques violets met en lumière des domaines technologiques actifs en matière de brevetage qui sont différents les uns des autres. Les principaux codes de CIB dans cet ensemble de données internationales sont les suivants : G01S (Détermination de la direction par radio); B64G (Astronautique); G08G (Systèmes de commande du trafic); G01C (Mesure des distances, des niveaux ou des relèvements); et G06F (Traitement électrique des données numériques).

Si on pousse plus loin dans les données sur les brevets, les sommets sur la carte panoramique des brevets à l'échelle internationale peuvent être liés à des technologies plus précises qui sont définies dans la légende sous la carte et qui correspondent à des zones colorées sur la carte panoramique. Le sommet en vert correspondant au mot clé dominant « SYNTHÉTIQUE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent le traitement d'images par radar à synthèse d'ouverture (SAR). Le sommet en orange correspondant au mot clé dominant « SYSTÈME D'ANTENNES » peut être lié aux inventions brevetées dans le domaine de la recherche sur les systèmes d'antennes pour les signaux satellites. Le sommet en bleu correspondant à la phrase dominante « DISPOSITIF D'AFFICHAGE CARTOGRAPHIQUE » peut être lié aux inventions brevetées visant des affichages pour les outils de navigation. Le sommet en jaune correspondant au mot clé dominant « PROPULSEUR » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les moteurs de fusée. Enfin, le sommet en rouge correspondant au mot clé dominant « RAYON X » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les systèmes de prévention des collisions.

Afin de mieux comprendre le rendement du Canada en matière de brevets dans le secteur spatial, nous avons utilisé l'indice de l'avantage technologique révélé (ATR), lequel a été mis au point par l'OCDE (autres renseignements à l'annexe B). Cette mesure s'appuie sur l'intensité de l'activité liée aux brevets afin de permettre une comparaison relative des industries de pays de taille différente. L'indice de l'ATR indique la part des brevets d'un pays dans le secteur de la technologie spatiale divisée par la part de ce pays dans tous les domaines faisant l'objet de brevets à l'intérieur d'une période donnée. Le Canada obtient une valeur supérieure à 1, ce qui laisse entendre un avantage technologique pour notre secteur spatial. Par conséquent, en ce qui concerne le secteur spatial, le Canada a plus d'influence à l'échelle internationale que sa taille le laisse croire. Le résultat présenté ci-dessous est corroboré par les résultats antérieurs obtenus par l'OCDE dans son rapport *Le panorama économique du secteur spatial 2014*.

La perspective canadienne

La section précédente révélait qu'à l'échelle internationale, les inventions brevetées dans le domaine de l'espace ont connu une importante croissance au cours des 40 dernières années. En outre, les résultats des évaluations de l'indice de l'ATR

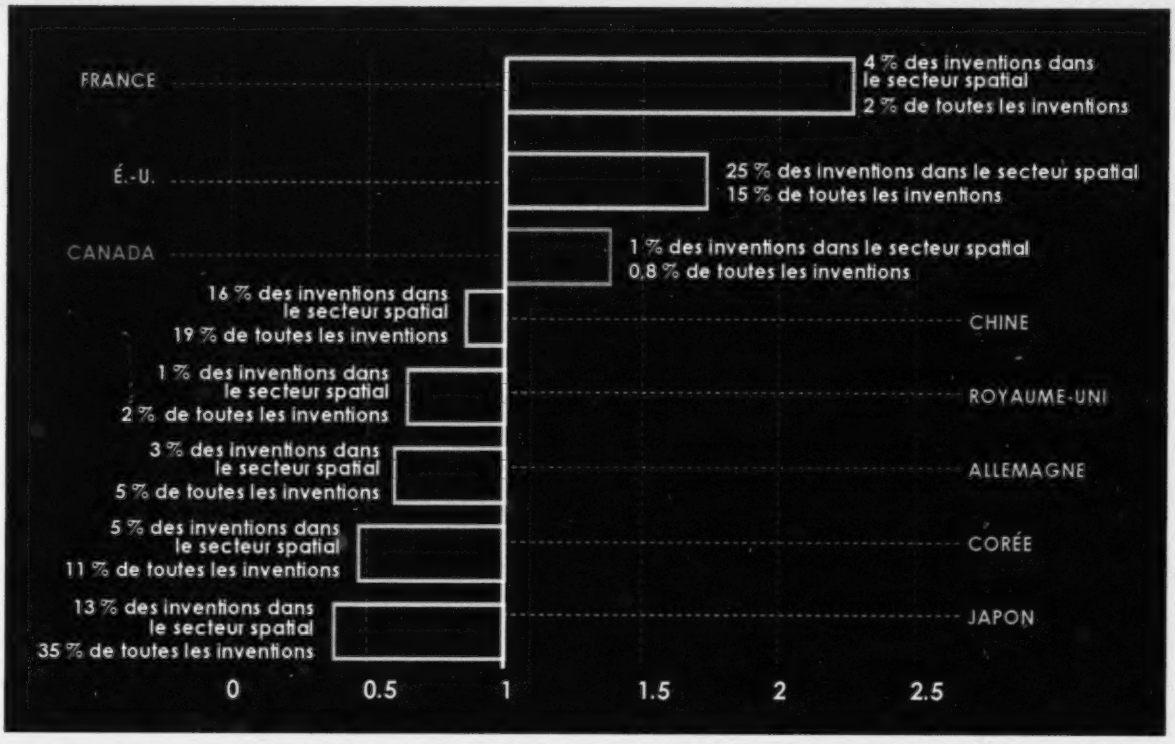


Figure 8 : L'indice de l'avantage technologique révélé, 1996-2015

confirment que le Canada possède des forces dans le secteur spatial. Il n'est donc pas étonnant que le Canada ait également connu une forte croissance, doublant presque le nombre d'inventions brevetées au cours des 10 dernières années, passant de 40 à 87. La figure 9 présente un aperçu de l'évolution des inventions brevetées au Canada dans le domaine de l'espace et des événements clés entre 2005 et 2015.

Concernant le foisonnement observé dans la figure 9, il soulève la question de savoir si cette croissance est dictée par une petite concentration d'organismes, ou si elle découle d'une augmentation du nombre de brevets dans le secteur obtenus par de nombreux organismes. La figure 10 présente la concentration des brevets obtenus par des organismes canadiens dans le secteur spatial canadien. Le graphique à barres, à gauche, illustre le profil de brevetage des organismes canadiens dans le secteur spatial canadien, alors que le graphique à secteur, à droite, illustre la part de tous les brevets canadiens dans le secteur spatial de 1996 à 2015 pour chaque groupe. On peut voir qu'il n'y a pas de groupe dominant qui dicte le brevetage dans ce secteur. Bien qu'il y ait six organismes qui détiennent plus de 20 brevets pour cette période, ils représentent un peu plus du tiers des brevets dans le secteur spatial canadien au cours de cette période. De plus, si l'on examine l'analyse sur une base annuelle,

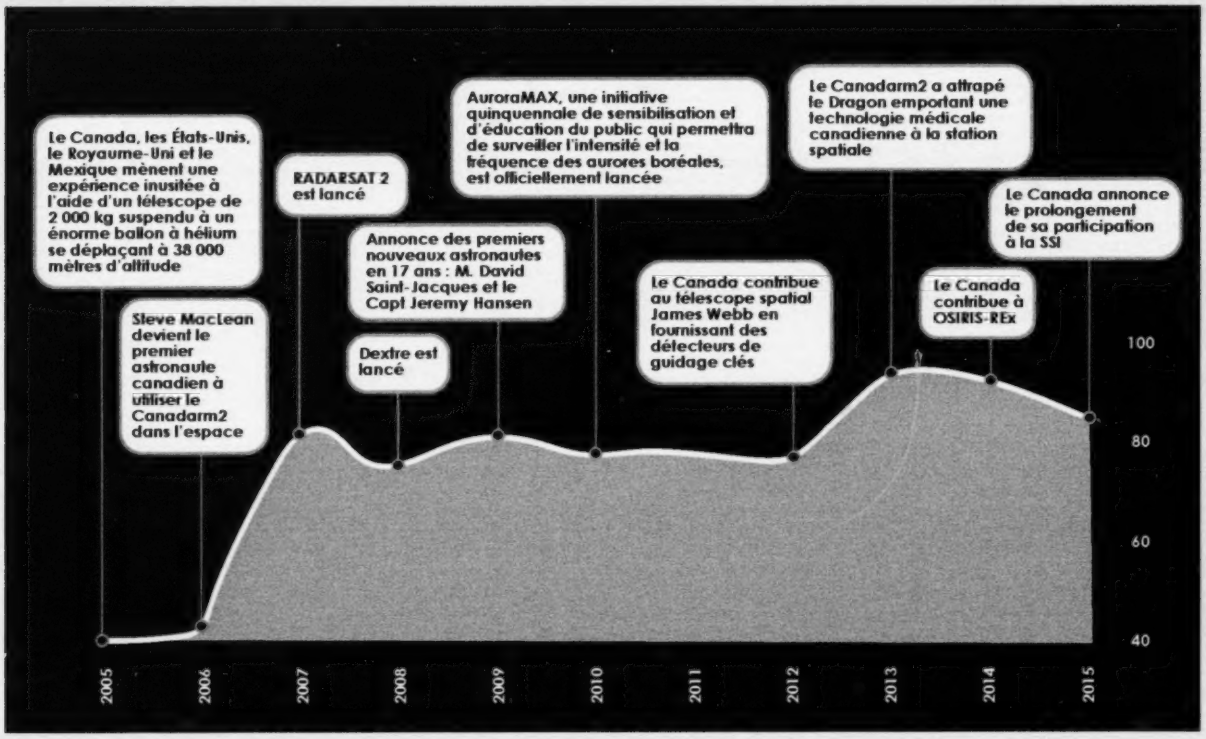


Figure 9 : Inventions brevetées au fil du temps réalisées par 128 organismes canadiens et grands événements canadiens du secteur spatial

il n'y a aucun organisme qui domine sur le plan des brevets, peu importe l'année. On peut donc conclure que l'activité liée aux brevets dans ce secteur est répartie sur plusieurs organismes et que la croissance n'est pas attribuable à un petit nombre d'organismes, mais plutôt au secteur dans son ensemble.

Les technologies du secteur spatial canadien associées aux brevets peuvent être en partie éclairées par une analyse des mots clés inclus dans les titres et les abrégés de brevets. La carte panoramique des brevets de la figure 10, associée aux 128 organismes canadiens, montre que la plus forte concentration d'inventions brevetées concerne des brevets comportant des mots clés comme « engin spatial, ravitaillement, oxydant », « débit, injecteur, chambre », « joint, robotique, rotation », « couche, matériau, surface », « message, SIA, système d'identification », « électrode, électrode à onde, Mach-Zehnder », « dispersion, réseau de Bragg, Bragg », « réseau, optique, réseau de Bragg », « image, cible, lumière », « guidage, agricole, guide », « antenne, information, système de localisation GPS », « coefficient modèle, prédit, coefficient », « phase, géolocalisation et navigation par un système de satellites », « véhicule, limite, emplacement », et « mesure, inertie, système de navigation par inertie ». Les cinq principaux codes de CIB dans cet ensemble de données sont G01S (Détermination de la direction par radio), G01C (Mesure des distances, des niveaux et des relèvements), H04B (Transmission), G02B (Éléments, systèmes ou appareils optiques) et G06F (Traitement électrique des données numériques).

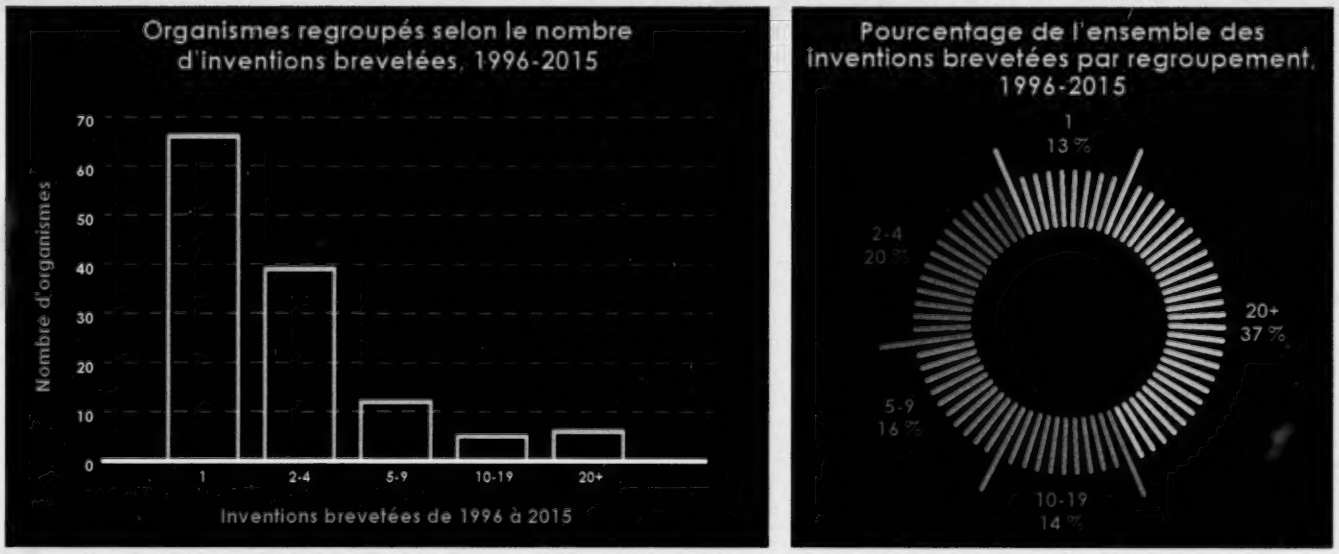


Figure 10 : Concentration des activités liées aux brevets, par organisme canadien, 1996 à 2015

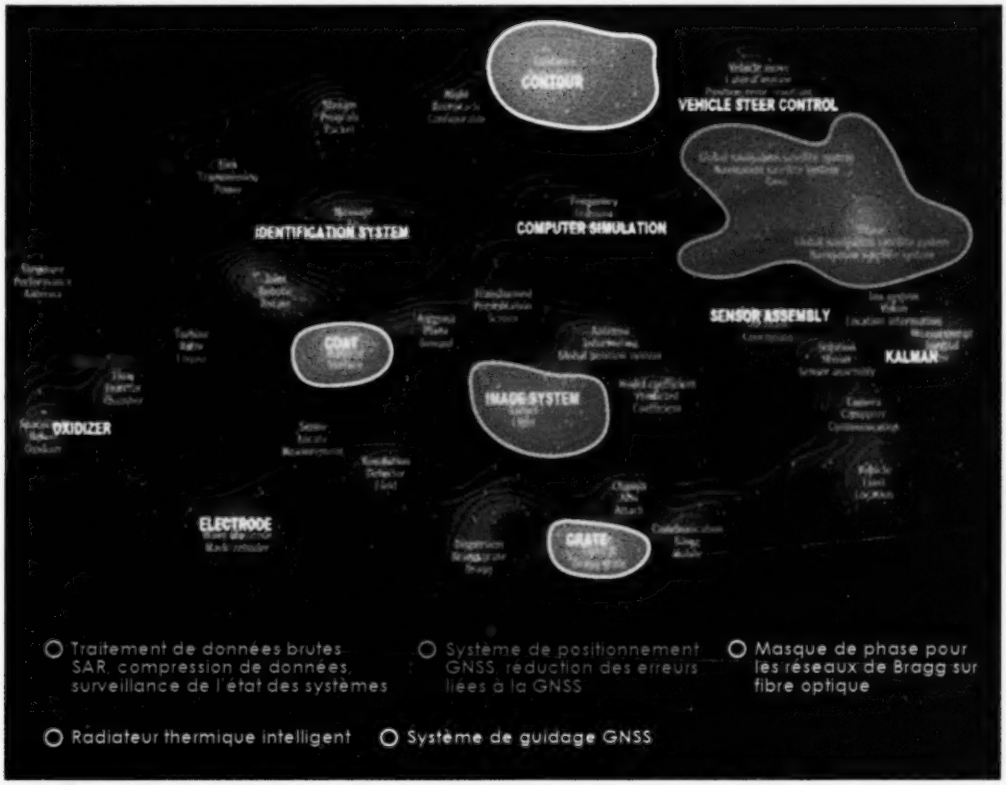


Figure 11 : Carte panoramique des inventions brevetées des 128 organismes canadiens – ASC (493 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure11.

Comme il a été souligné précédemment, l'utilisation des mots clés figurant sur la carte, de pair avec les codes de CIB les plus couramment présents dans les brevets, facilite la définition de divers domaines technologiques en développement dans le secteur. Il est à noter que de nombreux mots clés sont omniprésents et se retrouveraient également dans d'autres industries et technologies. C'est pourquoi les mots clés propres au secteur de l'espace qui figurent sur la carte panoramique sont plus utiles. Les mots clés les plus fréquemment employés pourraient être appliqués afin de préciser la recherche de brevets. Les mots clés opaques ou moins visibles viendraient apporter un niveau supérieur de précision. Il s'agit de faciliter l'exploration des données sur les brevets pour les personnes qui ont un intérêt pour la technologie ou l'industrie.

Si, à partir de cette carte panoramique, on effectue une analyse plus poussée des données sur les brevets, certaines technologies clés deviennent évidentes. Les technologies clés associées à chaque sommet figurent dans la légende sous la carte et correspondent aux sommets colorés. Le sommet en vert correspondant au mot clé dominant « REVÊTEMENT » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les radiateurs thermiques intelligents. Le sommet en orange correspondant au mot clé

Figure 12 : Grappes du secteur spatial canadien identifiées dans les données, selon le nombre d'organismes

dominant « SYSTÈME D'IMAGES » peut être lié aux inventions brevetées dans le domaine de la recherche sur le traitement de données brutes SAR, la compression de données et la surveillance de l'état des systèmes. Le sommet en bleu correspondant au mot clé dominant « RÉSEAU » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les masques de phase pour les réseaux de Bragg sur fibre optique. Le sommet en jaune correspondant au mot clé dominant « CONTOUR » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les systèmes de guidage GNSS (géolocalisation et navigation par un système de satellites). Enfin, le sommet en rouge peut être lié aux inventions brevetées qui visent les systèmes de positionnement GNSS et la réduction des erreurs liées à la GNSS.

L'analyse globale des mots clés permet de prendre en considération les termes les plus courants, sans égard aux secteurs sous-jacents et aux segments de la chaîne de valeur. Or, les mots clés relevés dans l'analyse nationale représentent les tendances générales, mais ne révèlent pas les tendances à l'intérieur des sous-sections du secteur spatial canadien. Par conséquent, au fur et à mesure que l'analyse panoramique progresse dans les catégories axées sur les secteurs et la chaîne de valeur, les mots clés et les tendances changent.

Analyse par grappe

Si l'on examine les 128 organismes canadiens figurant dans l'ensemble de données ASC-OPIC et leur emplacement géographique, il en ressort cinq grandes grappes associées au secteur spatial canadien. La plus importante grappe d'organismes se trouve à proximité de la région la plus peuplée du Canada, soit la région du Grand Toronto, et compte 35 organismes. La deuxième plus grande grappe compte 24 organismes et se situe à proximité de la ville de Montréal, la deuxième ville la plus peuplée du Canada. Les trois autres grappes sont centrées au tour de Vancouver (16 organismes), Calgary (14 organismes) et Ottawa (14 organismes). Il existe de nombreux avantages pour les organismes d'une même industrie de se regrouper, notamment une productivité accrue, une innovation plus rapide grâce à la collaboration en recherche, et la création de petits organismes se consacrant aux besoins particuliers de cette industrie.[xix]

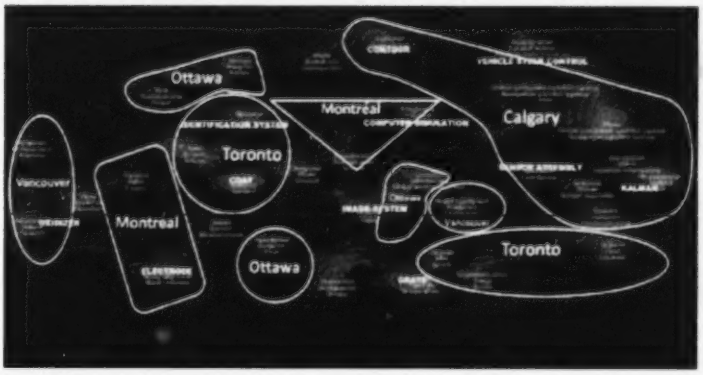


Figure 13 : Carte panoramique des inventions brevetées des 128 organismes canadiens – ASC, auxquelles ont été appliquées les grappes géographiques (493 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure13.

Relativement aux grappes d'organismes canadiens susmentionnées, il est intéressant d'appliquer les emplacements géographiques à la carte panoramique des brevets afin de définir des technologies particulières associées aux grappes. C'est ce que l'on peut voir dans la figure 13.

Innovation et collaboration dans la chaîne de valeur du secteur spatial

Les chaînes de valeur mondiale deviennent de plus en plus importantes dans la plupart des industries, et le secteur spatial ne fait pas exception. Les chaînes de valeur ont des composants en amont et en aval. Le segment en amont fait référence à l'effort requis pour concevoir, mettre à l'essai, développer, intégrer et lancer des biens dans l'espace. Le segment en aval fait référence à l'effort requis pour l'exploitation quotidienne des biens spatiaux, la fabrication de produits et de logiciels qui transforment les données et les signaux spatiaux en produits finis utiles, et les services fournis aux utilisateurs finaux. Six segments ont été définis pour le secteur spatial canadien : il y en a trois en amont et trois en aval. Il s'agit des suivants :

Amont

1. Recherche, ingénierie et consultation — R. et D. concernant des activités non commerciales/pré-commerciales; soutien en matière de conception et d'ingénierie pour les systèmes spatiaux; services de soutien permettant la présence d'autres acteurs du secteur spatial.
2. Fabrication de systèmes au sol — Construction/fabrication et intégration d'installations et d'équipements terrestres pour l'exploitation de satellites.
3. Fabrication de systèmes spatiaux — Construction/fabrication et intégration d'engins spatiaux, de satellites, de charges utiles ou de tout composant connexe.

Aval

1. Produits et applications à valeur ajoutée — Matériel et logiciels pour la abrication ou la création, permettant de transformer des ressources issues de l'espace dans un format utilisable, p. ex. applications informatiques, antennes, téléphones satellites, récepteurs/décodeurs vidéo et audio, appareils GPS.
2. Exploitation de satellites — Gestion quotidienne des satellites et des engins spatiaux une fois déployés dans l'espace, p. ex. télémétrie, suivi et contrôle; surveillance, opération de récupération et évitement des collisions; planification des missions; liaisons montantes et descendantes vers les installations de réception; location ou vente de capacité satellite.
3. Services — Prestation de services qui dépendent de signaux ou de données provenant de l'espace à différents utilisateurs finaux, comme des abonnés à la radio, au téléphone ou à Internet par satellite; services de consultation en ingénierie, en architecture et en environnement en fonction du traitement et de l'analyse des données spatiales.

Une combinaison de renseignements accessibles au public et de données d'enquêtes a permis de classer les organismes canadiens dans les six segments de la chaîne de valeur. Cela nous a permis d'observer l'activité liée aux brevets comportant une participation du secteur spatial en amont et en aval de la chaîne de valeur.

La figure 14 constitue une méthode efficace de visualiser les organismes qui collaborent entre eux. L'exemple montre clairement l'étendue et la portée des technologies liées à l'espace, tant pour les organismes conventionnels que pour les organismes un peu plus marginaux du secteur spatial. Par exemple, l'ASC a collaboré avec Thomson-CSF Optronics, le Centre for Research in Earth and Space et Allied Signal Inc. Bon nombre d'organismes désignés comme étant propriétaires d'inventions brevetées se sont depuis fusionnés ou ont été achetés. On pense par exemple à Allied Signal, qui a été achetée par Honeywell en 1999; ou à COGO Optronics qui a été achetée par Teraxion en 2013. D'autres organismes ont un lien tertiaire au secteur spatial, mais jouent néanmoins un rôle crucial dans la création de technologies et de services liés au secteur spatial. Les organismes acquis et tertiaires sont mis en évidence en gris foncé.

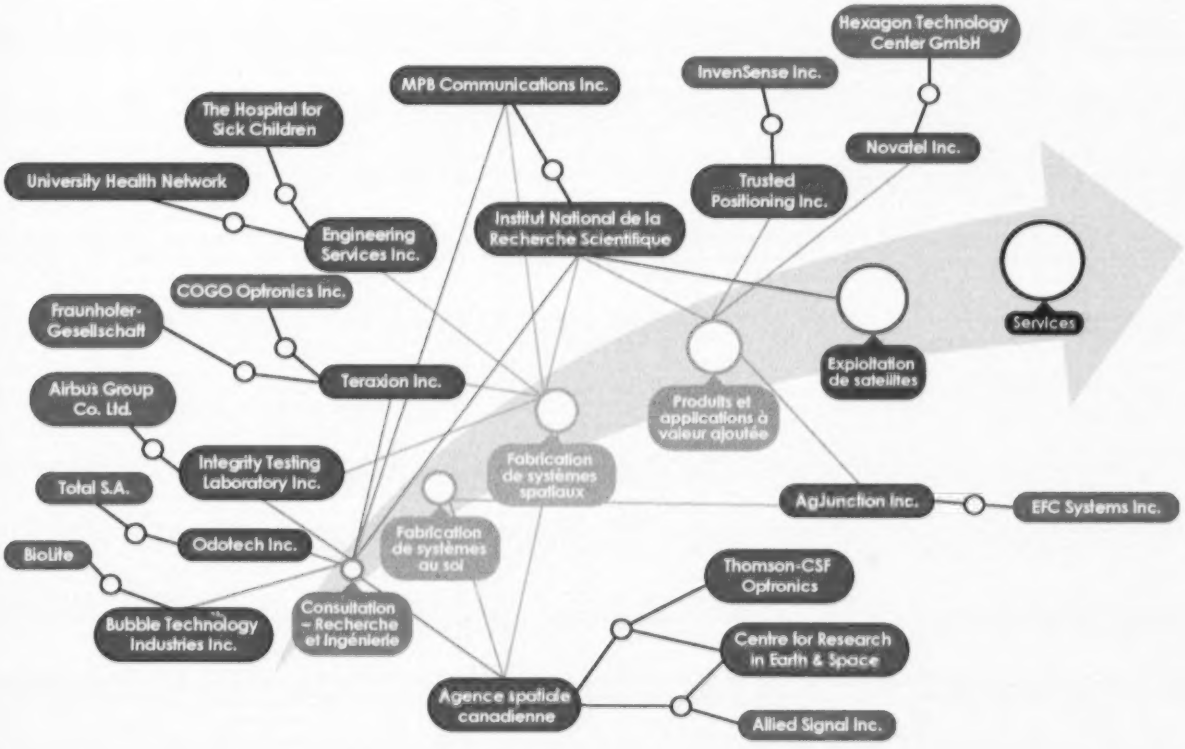


Figure 14 : Carte de la collaboration au Canada entre chacun des six « liens » de la chaîne de valeur

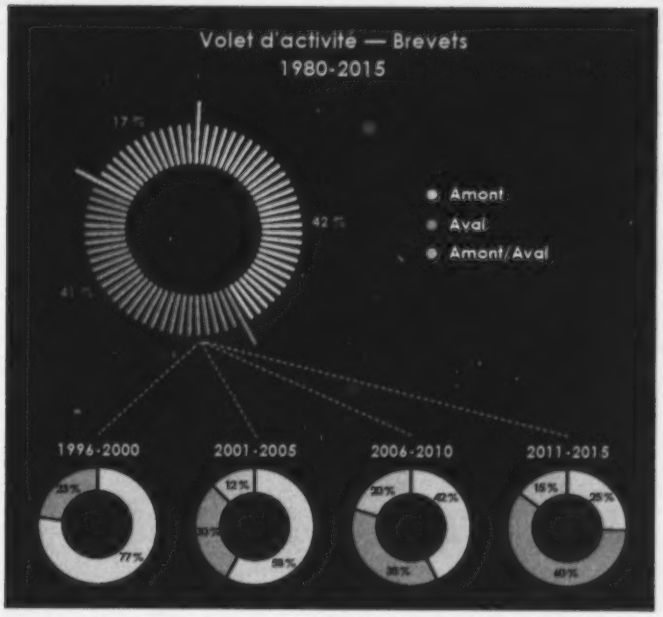


Figure 15 : Part des activités liées aux brevets dans les segments en amont et en aval, 1980-2015

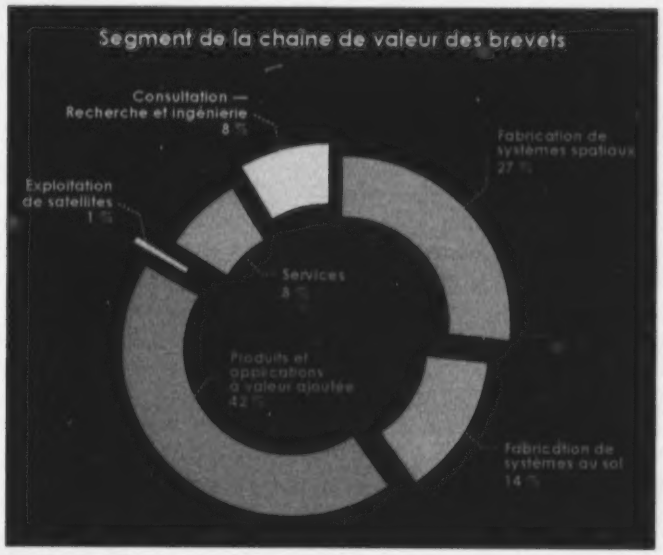


Figure 16 : Chaîne de valeur sectorielle des brevets

La figure 15 présente la part d'activités liées aux brevets dans les segments en amont et en aval, ainsi que les recoupements d'activités. Elle illustre également la tendance observée au cours des 20 dernières années.

La tendance vers les activités en aval n'est pas étonnante. Elle suit la transition, au Canada comme ailleurs dans le monde, vers une augmentation de l'activité spatiale et des revenus connexes dans le secteur privé, puisque plus le coût d'accès à l'espace diminue, plus on a recours aux technologies disponibles, comme les constellations de petits satellites.

Pour un examen plus détaillé des six segments individuels, la figure 16 montre le segment Produits et applications à valeur ajoutée qui représente la plus forte proportion d'inventions brevetées (42 %). Dès les premières étapes de la position en amont jusqu'à la dernière, le segment Recherche, ingénierie et consultation représente 9 % des inventions brevetées, le segment Fabrication de systèmes au sol 14 %, et le segment Fabrication de systèmes spatiaux 27 %. Le segment Services représente seulement 8 % des inventions brevetées; cela n'a rien d'étonnant puisque ce segment concerne davantage les opérations commerciales plutôt que le processus inventif. Fait particulièrement intéressant, il n'y a presque pas d'inventions brevetées dans le segment Exploitation de satellites, ce qui pourrait refléter des changements de méthodologies et de classifications des activités organisationnelles dans l'enquête annuelle de l'ASC sur le secteur spatial canadien. Ces résultats corroborent la tendance vers une augmentation de l'activité liée aux brevets dans le segment en aval de l'industrie spatiale.[xx]

Cartes panoramiques des brevets

Afin de mieux comprendre l'activité liée aux brevets dans chacun des segments, les données relatives aux brevets peuvent être présentées sous forme de carte panoramique pour chaque segment. Comme il a été souligné précédemment, l'utilisation des mots clés figurant sur la carte, de pair avec les codes de CIB les plus couramment présents dans les brevets, permet la définition de divers domaines technologiques en développement dans le secteur. Il est à noter que de nombreux mots clés sont omniprésents et se retrouveraient également dans d'autres industries et technologies. C'est pourquoi les mots clés propres au secteur de l'espace qui figurent sur la carte panoramique sont plus utiles. Les mots clés les plus fréquemment employés pourraient être appliqués afin de préciser la recherche de brevets. Les mots clés opaques ou moins visibles viendraient apporter un niveau supérieur de précision. Il s'agit de faciliter l'exploration des données sur les brevets pour les personnes qui ont un intérêt pour la technologie ou l'industrie.

Dans le segment Consultation — Recherche et ingénierie, 34 inventions brevetées ont été relevées, les mots clés dominants étant : « ÉCHANTILLON », « BOÎTE », « APPROVISIONNEMENT », « REVÊTEMENT » et « ZONE CIBLE ». Ces mots clés ne sont pas nécessairement propres au secteur spatial, pas plus que les mots clés de deuxième niveau. L'utilisation de ces mots clés avec les codes de CIB appropriés facilite le repérage des inventions brevetées dans les technologies liées à l'espace pour ce segment de la chaîne de valeur. Les principaux codes de CIB pour le segment Consultation — Recherche et ingénierie comprennent : G01S (Détermination de la direction par radio), H02J (Circuits ou systèmes pour l'alimentation ou la distribution d'énergie électrique), B64G (Astronautique), G01J (Mesure) et G01N (Recherche de matériaux).

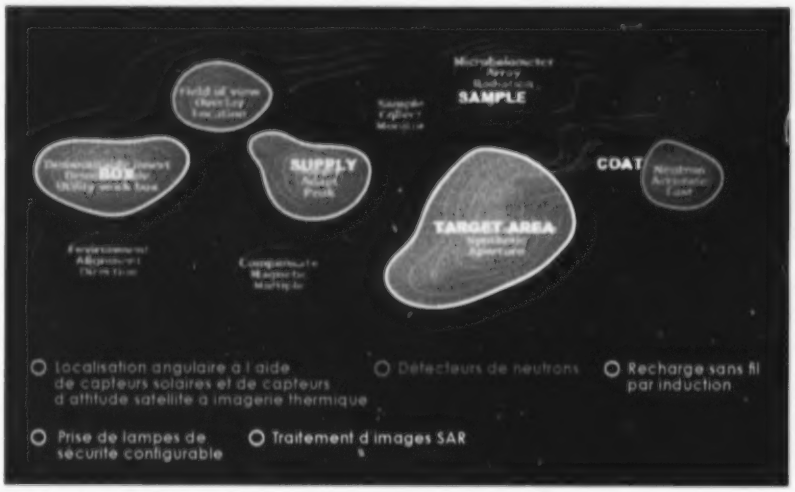


Figure 17 : Inventions brevetées au Canada dans le segment Consultation – Recherche et ingénierie (34 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure17.

Si on pousse plus loin dans les données sur les brevets, les sommets sur la carte panoramique du segment Consultation — Recherche et ingénierie peuvent être liés à des technologies plus précises qui sont définies dans la légende sous la carte et qui correspondent à des zones colorées sur la carte panoramique. Le sommet en vert correspondant au mot clé dominant « BOÎTE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent des technologies pour les prises de lampes de sécurité configurables. Le sommet en orange correspondant aux mots clés de deuxième niveau « champ de vision, couche et emplacement » peut être lié aux inventions brevetées du domaine de

la recherche sur la localisation angulaire à l'aide de capteurs solaires et sur les capteurs d'attitude satellite à imagerie thermique. Le sommet en bleu correspondant au mot clé dominant « APPROVISIONNEMENT » peut être lié aux inventions brevetées qui visent la recharge sans fil par induction. Le sommet en jaune correspondant au mot clé dominant « ZONE CIBLE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent le traitement d'images SAR. Enfin, le sommet en rouge correspondant aux mots clés de deuxième niveau « neutron, précis et rapide » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les détecteurs de neutrons.

Dans le segment Fabrication de systèmes au sol, 42 inventions brevetées ont été relevées, les mots clés dominants étant : « TRANSMIS », « NUMÉRISER », « CRITÈRE », « RAYON X » et « DISPOSITIF SANS FIL ». Encore ici, ces mots clés ne sont pas propres au secteur spatial. L'utilisation de ces mots clés avec les codes de CIB appropriés facilite le repérage des inventions brevetées liées au secteur spatial pour ce segment de la chaîne de valeur. Les principaux codes de CIB pour le segment Fabrication de systèmes au sol comprennent : G08G (Systèmes de commande du trafic), G01S (Détermination de la direction par radio), H04B (Transmission), G06F (Traitement électrique des données numériques) et H04L (Transmission d'information numérique).

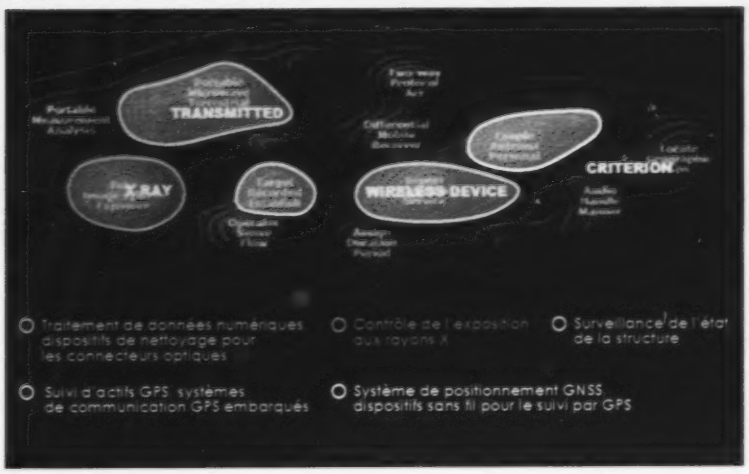


Figure 18 : Inventions brevetées au Canada dans le segment Fabrication de systèmes au sol (42 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure18.

Si, à partir de cette carte panoramique, on effectue une analyse plus poussée des données sur les brevets, certaines technologies clés deviennent évidentes. Les technologies clés associées à chaque sommet figurent dans la légende sous la carte et correspondent aux sommets colorés. Le sommet en vert correspondant au mot clé dominant « DISPOSITIF SANS FIL » peut être lié aux inventions brevetées liées au suivi d'actifs GPS et de systèmes de communication GPS embarqués. Le sommet en orange correspondant au mot clé dominant « TRANSMIS » peut être lié aux inventions brevetées dans les technologies relatives au traitement de données numériques et aux dispositifs de nettoyage pour les connecteurs optiques. Le sommet en bleu correspondant aux mots clés de deuxième niveau « cible, enregistré et établir » peut être lié aux inventions brevetées qui visent la surveillance de l'état de la structure. Le sommet en jaune correspondant aux mots clés de deuxième niveau « couple, antenne et personnel » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les systèmes de positionnement GNSS et les dispositifs sans fil pour le suivi par GPS. Enfin, le sommet en rouge correspondant au mot clé dominant « RAYON X » peut être lié aux inventions brevetées qui visent le contrôle de l'exposition aux rayons X.

Dans le segment Fabrication de systèmes terrestres, 124 inventions brevetées ont été relevées, les mots clés dominants étant : « vêtement », « moteur », « automatique », « robotique », « rotor », « puissance optique », « modulateur », « masque de phase », « chromatique » et « écrire ». Bon nombre des mots clés ne sont pas propres au secteur spatial. Toutefois, certains mots clés de deuxième niveau sont plus intuitifs. L'utilisation de ces mots clés avec les codes de CIB appropriés facilite le repérage des inventions brevetées liées au secteur spatial pour le segment Fabrication de systèmes spatiaux. Les principaux codes de CIB pour le segment Fabrication de systèmes spatiaux comprennent : G02B (Éléments, systèmes ou appareils optiques), H04B (Transmission), B64G (Astronautique), G02F (Dispositifs optiques) et F02K (Ensembles fonctionnels de propulsion par réaction).

Si on pousse plus loin dans les données sur les brevets, les sommets sur la carte panoramique du segment Fabrication de systèmes spatiaux peuvent être liés à des technologies plus précises qui sont définies dans la légende sous la carte et qui correspondent à des zones colorées sur la carte panoramique. Le sommet en vert correspondant au mot clé dominant « MOTEUR » peut être lié aux inventions brevetées qui visent des injecteurs, la combustion à tourbillon et les technologies relatives aux roues entièrement faites de métal. Le sommet en orange correspondant au mot clé dominant « ROBOTIQUE » peut être lié aux inventions brevetées dans le domaine de la recherche sur les robots médicaux, les robots reconfigurables et les robots mobiles. Le sommet en bleu correspondant aux mots clés de deuxième niveau « joint flexible, cardan et suspension à cardan » peut être lié aux inventions brevetées qui visent des systèmes de gestion du mouvement et des mécanismes optomécaniques. Le sommet en jaune correspondant au mot clé dominant « PUISSANCE OPTIQUE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les filtres optiques accordables et les lasers à semiconducteurs. Enfin, le sommet en rouge correspondant au mot clé dominant « CHROMATIQUE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les compensateurs de dispersion accordables.

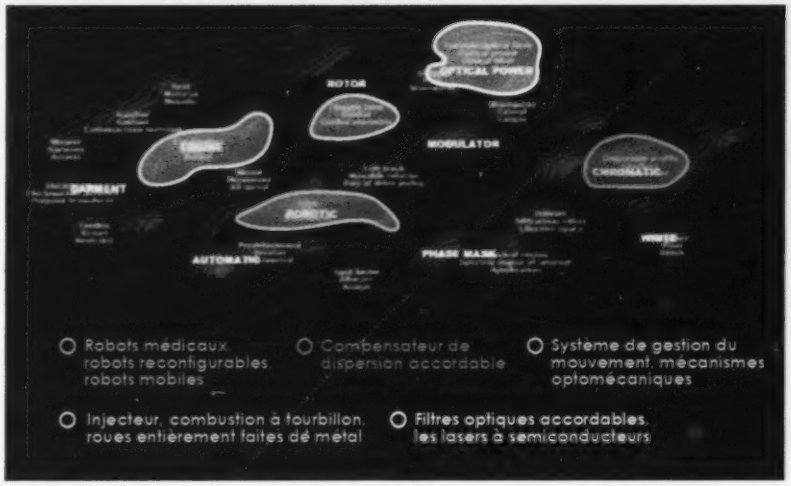


Figure 19 : Inventions brevetées au Canada dans le segment Fabrication de systèmes spatiaux (124 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure19.

Le domaine de la robotique a connu une croissance rapide grâce aux récents progrès dans les domaines de la puissance informatique, de la connectivité et de la flexibilité, permettant l'exécution d'une variété de tâches et d'applications. Il est donc intéressant de voir un sommet sur la carte panoramique du segment Fabrication de systèmes spatiaux intitulé « Robotique », ce qui nous incite à étudier plus en profondeur les données sur les brevets. Si l'on regarde les titres et les résumés des inventions brevetées situées sur ce sommet, il est possible de voir un petit échantillon de l'ingéniosité canadienne qui évolue dans ce domaine et de la façon dont tout cela

pourrait être relié au premier Canadarm. Actuellement, le Canadarm2 est utilisé sur la SSI. Construit par MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd. à Brampton en Ontario, et lancé en 2001, le Canadarm2 fait suite au premier Canadarm, qui a été créé pour les missions spatiales et envoyé dans l'espace pour la première fois en 1981. Au départ, la mission du Canadarm2 était d'aider aux premières étapes de la construction de la station spatiale et à l'entretien de celle-ci. Aujourd'hui, il est utilisé pour saisir des véhicules de ravitaillement sans pilote, comme le Dragon de la compagnie SpaceX ou le Cygnus de la compagnie Orbital ATK. Il s'avère que la grande précision obtenue dans l'espace est également fort utile pour les applications sur Terre, et que la technologie sert souvent de modèle pour la création de produits dérivés, surtout dans le domaine de la médecine . Les inventions brevetées qui se trouvent sur ce sommet concernent la robotique; elles peuvent être utilisées en chirurgie et en imagerie médicale, ainsi que dans des systèmes robotiques modulaires évolutifs et reconfigurables et dans les trousses d'instruments pouvant servir dans l'espace. Si l'on examine plusieurs sommets et que nous étudions plus en profondeur les données sur les brevets, on observe la croissance et l'ingéniosité du Canda dans certains créneaux.

Dans le segment Produits et applications à valeur ajoutée, 182 inventions brevetées ont été relevées, les mots clés dominants étant : « satellite en orbite autour de la Terre », « diélectrique », « positionnement », « discriminateur », « système de navigation par inertie (SNI) », « trace », « graine » et « présentation transformée ». Quelques-uns de ces mots clés sont étroitement liés au secteur spatial. En outre, plusieurs des mots clés de deuxième niveau touchent également le secteur spatial. L'utilisation de ces mots clés avec les codes de CIB appropriés facilite le repérage des brevets liés au secteur spatial pour ce segment de la chaîne de valeur. Les principaux codes de CIB du segment Produits et applications à valeur ajoutée comprennent : G01S (Détermination de la direction par radio), G01C (Mesure des distances, des niveaux et des relèvements), G08G (Systèmes de commande du trafic), H04B (Transmission) et G06F (Traitement électrique des données numériques).

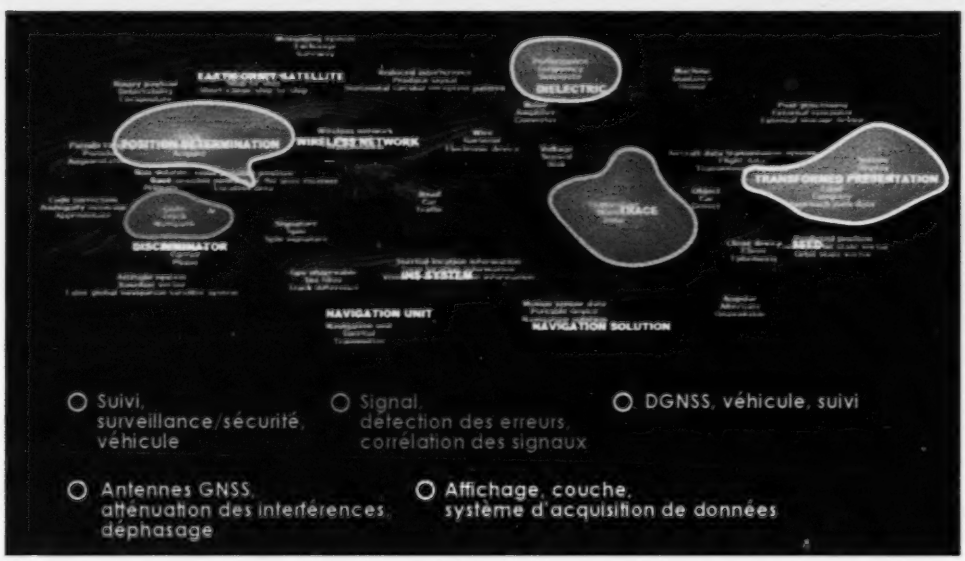


Figure 20 : Les inventions brevetées canadiennes du segment Produits et applications à valeur ajoutée (182 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure20.

Si, à partir de cette carte panoramique, on effectue une analyse plus poussée des données sur les brevets, certaines technologies clés deviennent évidentes. Dans la légende sous la carte figurent les principales technologies qui sont associées à chaque sommet de couleur. Le sommet en vert correspondant au mot clé dominant « DIÉLECTRIQUE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les antennes GNSS, l'atténuation des interférences et le déphasage. Le sommet en orange correspondant au mot clé dominant « TRACE » peut être lié aux inventions brevetées dans le domaine de la recherche sur le suivi, la surveillance/sécurité et les véhicules. Le sommet en bleu correspondant au mot clé dominant « POSITIONNEMENT » peut être lié aux inventions brevetées visant le DGNSS, les véhicules et le suivi. Le sommet en jaune correspondant à la phrase dominante « PRÉSENTATION TRANSFORMÉE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les affichages, les couches et les systèmes d'acquisition de données. Enfin, le sommet en rouge correspondant au mot clé dominant « DISCRIMINATEUR » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les signaux, la détection des erreurs et la corrélation des signaux.

Dans le segment Services, 22 inventions brevetées ont été relevées. Les mots clés dominants sont : « fournisseur », « empiler » et « simulation par ordinateur ». Comme dans le cas de certains des segments précédents, ces mots clés ne sont pas propres au secteur spatial. Cependant, ils définissent certains des principaux intrants d'un secteur de service, dans une industrie fondée sur la technologie (p. ex. fournisseur de service, volet, etc.). L'utilisation de ces mots clés avec les codes de CIB appropriés facilite le repérage des inventions brevetées liées au secteur spatial pour ce segment de la chaîne de valeur. Les principaux codes de CIB pour le segment Services comprennent : H04N (Transmission d'images), G06F (Traitement électrique des données numériques), G06T (Traitement de données d'image), H04L (Transmission d'information numérique) et G01V (Géophysique). Les principales technologies sont indiquées dans la légende sous la carte et correspondent aux sections colorées de la carte panoramique.

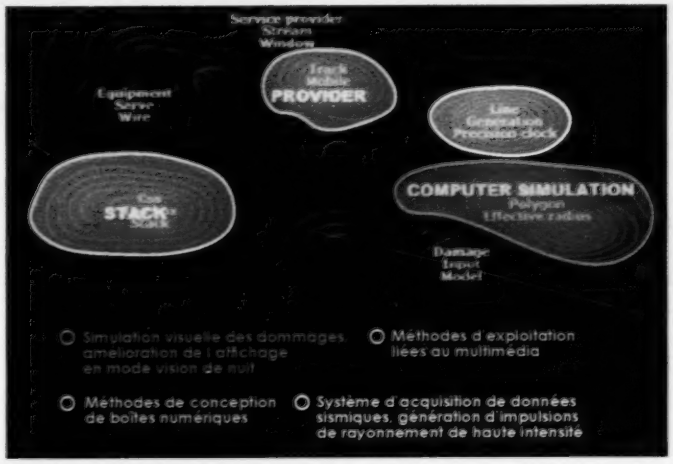


Figure 21 : Inventions brevetées au Canada dans le segment Services (22 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure21.

Si l'on étudie plus en profondeur les données sur les brevets, les sommets sur la carte panoramique du segment Services peuvent être liés à des technologies plus précises. Le sommet en vert correspondant au mot clé dominant « EMPILER » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les méthodes de conception de boîtes numériques. Le sommet en bleu correspondant au mot clé dominant « FOURNISSEUR » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les méthodes d'exploitation liées au multimédia. Le sommet en jaune correspondant aux mots clés de deuxième niveau « ligne, génération et précision » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les systèmes d'acquisition de données sismiques et la génération d'impulsions de rayonnement de haute intensité. Enfin, le sommet en rouge correspondant au mot clé dominant « SIMULATION PAR ORDINATEUR » peut être lié aux inventions brevetées dans le domaine de la recherche sur la simulation visuelle des dommages et les améliorations de l'affichage en mode vision de nuit.

Innovation et collaboration par secteur

Le secteur spatial canadien est constitué de six secteurs d'activité. Une combinaison de renseignements accessibles au public et de données d'enquêtes a permis de classer les organismes canadiens dans les six secteurs, comme suit :

1. Navigation — Le développement et l'utilisation de satellites pour la localisation, le positionnement et la synchronisation.
2. Télécommunication par satellite (Satcom) — Le développement et l'utilisation de satellites afin d'envoyer des signaux à la Terre pour les besoins des services de télécommunications fixes ou mobiles et de télédiffusion.
3. Observation de la Terre (EO) — Le développement et l'utilisation de satellites afin d'observer la Terre à de nombreuses fins, comme la gestion des ressources, l'évaluation des catastrophes, la sécurité et la défense.
4. Exploration spatiale — Le développement et l'utilisation d'engins spatiaux inhabités (sondes, rovers) pour explorer les confins de l'univers, au-delà de l'atmosphère terrestre (p. ex. la Lune, d'autres planètes, des astéroïdes).
5. Science de l'espace — Les divers domaines scientifiques qui concernent les vols spatiaux ou tout phénomène se produisant dans l'espace ou sur d'autres planètes (p. ex. astrophysique, sciences des planètes, sciences de la vie dans l'espace).
6. Autre — Technologies génériques ou composants non destinés à un usage dans un système spatial précis ou pour une application spatiale particulière. Toute autre activité ne s'inscrivant pas dans les définitions susmentionnées.

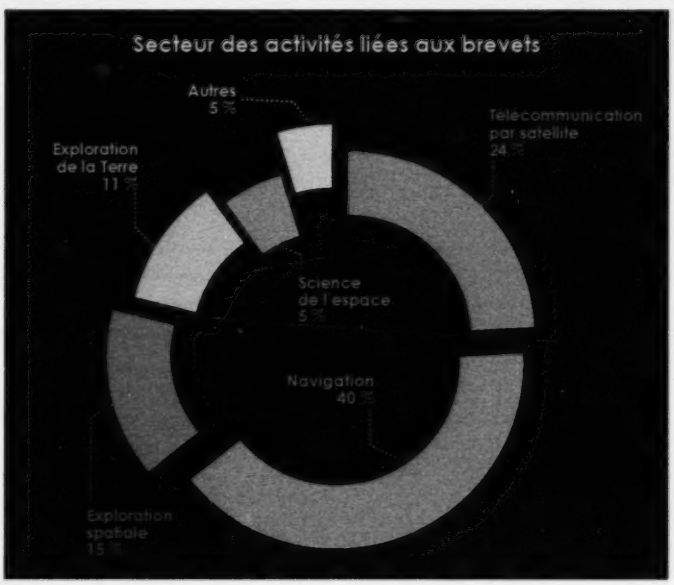


Figure 22 : Secteur des activités liées aux brevets

Les organismes ont été classés selon le nombre d'activités qu'ils exécutent dans un secteur donné, multiplié par le nombre d'inventions brevetées qu'ils ont générées, afin d'obtenir une pondération du nombre d'activités liées aux brevets exécutées par chaque organisme (figure 22). Les organismes liés à la navigation ont tendance à être les plus actifs dans le secteur des brevets (40 %), suivis des organismes liés aux télécommunications par satellite (24 %), à l'exploration spatiale (15 %), à l'observation de la Terre (11 %), à la science de l'espace (5 %), puis des autres (5 %).

Cartes panoramiques des brevets

Afin d'étudier plus en profondeur les données sur les brevets, le rapport classe les mots clés par secteur d'activité. Les données peuvent ensuite être présentées sur une carte panoramique. Comme il a été souligné précédemment, l'utilisation des mots clés figurant sur la carte, de pair avec les codes de CIB les plus couramment présents dans les brevets, permet la définition de divers domaines technologiques en développement dans le secteur. Il est à noter que de nombreux mots clés sont omniprésents et se retrouveraient également dans d'autres industries et technologies. C'est pourquoi les mots clés propres au secteur de l'espace qui figurent sur la carte panoramique sont plus utiles. Les mots clés les plus fréquemment employés pourraient être appliqués afin de préciser la recherche de brevets. Les mots clés opaques ou moins visibles viendraient apporter un deuxième niveau de précision. Il s'agit de faciliter l'exploration des données sur les brevets pour les personnes qui ont un intérêt pour la technologie ou l'industrie.

Dans le secteur des télécommunications par satellite, 114 inventions brevetées ont été relevées, les mots clés dominants étant : « diffraction », « écrire », « générateur », « Internet », « compensation », « tension », « surveillance », « électrode à onde », « adapter » et « orbite ». Ces mots clés sont plutôt omniprésents; si l'on examine plus en profondeur des mots clés davantage liés au secteur spatial, comme « orbital » ou « Mach-Zehnder », il est possible de préciser la recherche. Il n'est pas étonnant que le secteur spatial lié aux télécommunications présente un recoupement aussi important avec les secteurs non liés à l'espace et qu'il contienne donc de nombreux mots clés couramment employés. Les principaux codes de CIB pour le segment Télécommunication par satellite comprennent : G02B (Éléments, systèmes ou appareils optiques), H04B (Transmission), H04N (Transmission d'images), H04L (Transmission d'information numérique) et H04W (Réseaux de télécommunications sans fil).

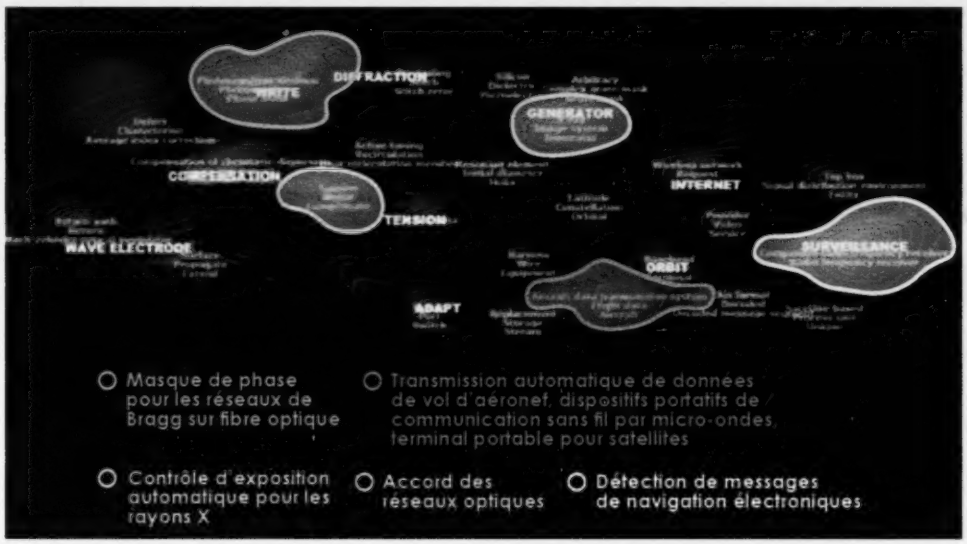


Figure 23 : Inventions brevetées au Canada dans le segment Télécommunication par satellite (114 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure23.

Si, à partir de cette carte panoramique, on effectue une analyse plus poussée des données sur les brevets, certaines technologies clés deviennent évidentes. Les technologies clés associées à chaque sommet figurent dans la légende sous la carte et correspondent aux sommets colorés. Le sommet en vert correspondant aux mots clés de deuxième niveau « tension, fixation et compenser » peut être lié aux inventions brevetées dans le domaine de la recherche sur l'accord des réseaux optiques. Le sommet en orange correspondant au mot clé dominant « ÉCRIRE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les masques de phase pour les réseaux de Bragg ur fibre optique. Le sommet en bleu correspondant au mot clé dominant « GÉNÉRATEUR » peut être lié aux inventions brevetées qui visent le contrôle d'exposition automatique pour les rayons X. Le sommet en jaune correspondant au mot clé dominant « SURVEILLANCE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent la détection de messages de navigation électroniques. Enfin, le sommet en rouge correspondant aux mots clés de deuxième niveau « système de transmission de données pour aéronef, données de vol et aéronef » peut être lié à des inventions brevetées qui visent la transmission automatique de données de vol d'aéronef, les dispositifs portatifs de communication sans fil par micro-ondes, et les terminaux portables pour satellites.

Dans le secteur Navigation, 187 inventions brevetées ont été relevées, les mots clés dominants étant : « exclusion », « contour », « angle d'attaque », « rayonner », « position SNI », « Kalman », « prédire », « décalage », « mémoire », « rigide » et « gestion ». Bien que la carte panoramique du secteur Navigation contienne toujours plusieurs mots omniprésents, elle contient des mots clés qui sont davantage liés au secteur spatial, particulièrement au deuxième niveau. Les principaux codes de CIB pour le secteur Navigation comprennent : G01S (Détermination de la direction par radio), G01C (Mesure des distances, des niveaux et des relèvements), G05D (Systèmes de commande des variables non électriques), G08G (Systèmes de commande du trafic) et H04B (Transmission).

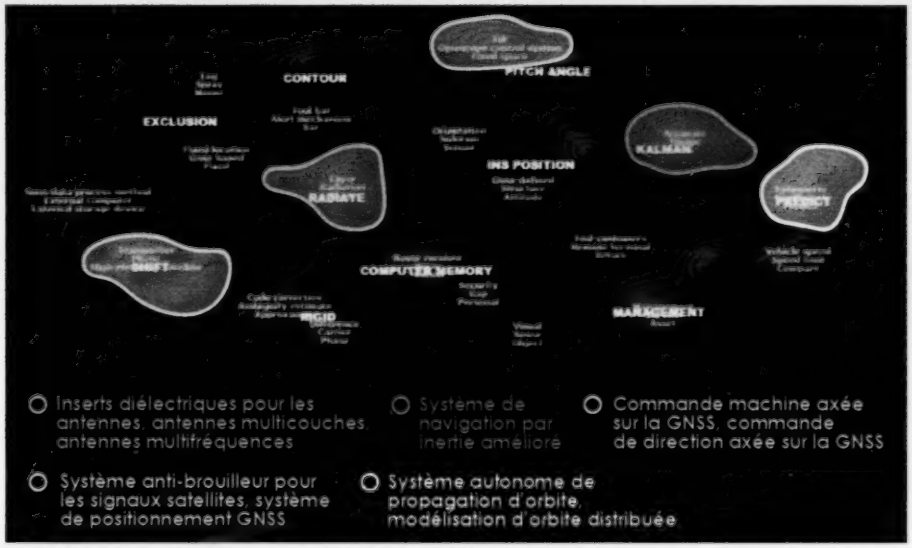


Figure 24 : Inventions brevetées au Canada dans le secteur Navigation (187 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure24.

Si on pousse plus loin dans les données sur les brevets, les sommets sur la carte panoramique du secteur Navigation peuvent être liés à des technologies plus précises qui sont définies dans la légende sous la carte et qui correspondent à des zones colorées sur la carte panoramique. Le sommet en vert correspondant au mot clé dominant « DÉCALAGE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les systèmes anti-brouilleurs pour les signaux satellites et les systèmes de positionnement GNSS. Le sommet en orange correspondant au mot clé dominant « RAYONNER » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les technologies utilisées dans les inserts diélectriques pour les antennes, les antennes multicouches et les antennes multifréquences. Le sommet en bleu correspondant aux mots clés de deuxième niveau « inclinaison, système de commande du gyroscope et espace fixe » peut être lié aux inventions brevetées qui visent la commande machine axée sur la GNSS et la commande de direction axée sur la GNSS. Le sommet en jaune correspondant au mot clé dominant « PRÉDIRE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les systèmes autonomes de propagation d'orbite et de modélisation d'orbite distribuée. Enfin, le sommet en rouge correspondant au mot clé dominant « KALMAN » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les systèmes de navigation par inertie améliorés.

Dans le secteur Exploration spatiale, 68 inventions brevetées ont été relevées, les mots clés dominants étant : « magnétique », « combustion », « réflexion », « biologique », « chassis » et « image ». Encore une fois, ces mots clés sont omniprésents. Cependant, si l'on regarde les mots clés de deuxième niveau, on voit que certaines des technologies sont liées aux fusées (combustion, joint, poussée, navette spatiale). L'utilisation de ces mots clés avec les codes de CIB appropriés facilite le repérage des inventions brevetées liées à l'exploration spatiale. Les principaux codes de CIB pour le secteur Exploration spatiale comprennent : G06F (Traitement électrique de données numériques), G06T (Traitement de données d'image), F02K (Ensembles fonctionnels de propulsion par réaction), B64G (Astronautique) et G01S (Détermination de la direction par radio).

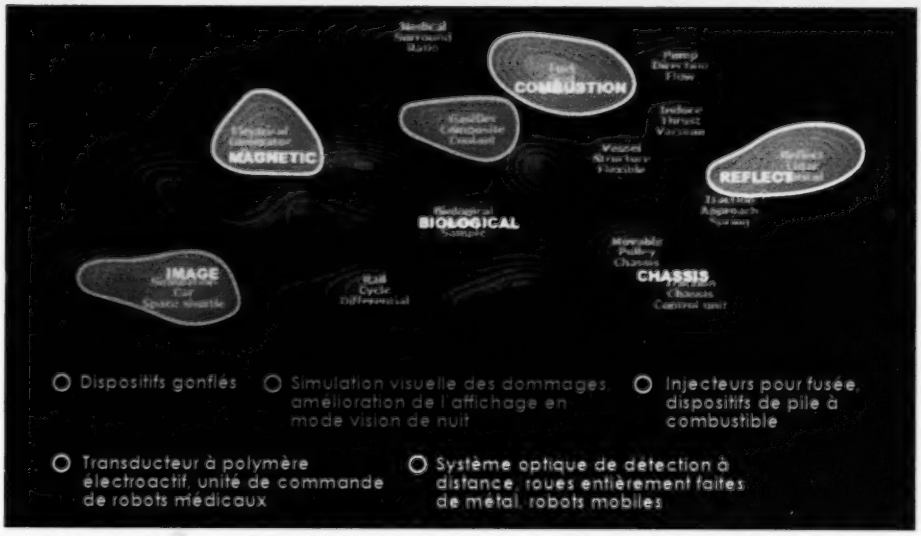


Figure 25 : Inventions brevetées au Canada dans le secteur Exploration spatiale (68 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure25.

Si, à partir de cette carte panoramique, on effectue une analyse plus poussée des données sur les brevets, certaines technologies clés deviennent évidentes. Les technologies clés associées à chaque sommet figurent dans la légende sous la carte et correspondent aux sommets colorés. Le sommet en vert correspondant au mot clé dominant « MAGNÉTIQUE » peut être lié aux inventions brevetées dans les technologies utilisées dans les transducteurs à polymère électroactif et les unités de commande de robots médicaux. Le sommet en orange correspondant aux mots clés de deuxième niveau « gazéifieur, composite, caloporteur » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les dispositifs gonflés. Le sommet en bleu correspondant au mot clé dominant « COMBUSTION » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les injecteurs pour fusée et dispositifs de pile à combustible. Le sommet en jaune correspondant au mot clé dominant « RÉFLEXION » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les systèmes optiques de détection à distance, les roues entièrement faites de métal et les robots mobiles. Enfin, le sommet en rouge correspondant au mot clé dominant « IMAGE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent la simulation visuelle des dommages et l'amélioration de l'affichage en mode vision de nuit.

Dans le secteur Observation de la Terre, 50 inventions brevetées ont été relevées, les mots clés dominants étant : « radar à ouverture », « présentation », « soupape », « client » et « commun ». Ces mots clés sont omniprésents. Si l'on regarde les mots clés de deuxième niveau, on voit que certaines des technologies sont liées au positionnement de satellites et à la prise d'images (rotation, interféromètre et écran). L'utilisation de ces mots clés avec les codes de CIB appropriés facilite le repérage des inventions brevetées liées au secteur Observation de la Terre. Les principaux codes de CIB pour le secteur Observation de la Terre comprennent : B64G (Astronautique), G01S (Détermination de la direction par radio), G06F (Traitement électrique de données numériques), H01Q (Antennes) et B25J (Manipulateurs).

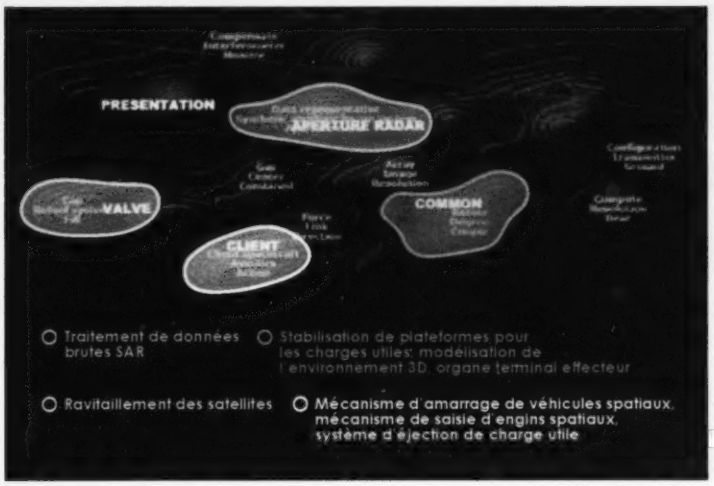


Figure 26 : Inventions brevetées au Canada dans le secteur Observation de la Terre (50 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure26.

Si on pousse plus loin dans les données sur les brevets, les sommets sur la carte panoramique du secteur Observation de la Terre peuvent être liés à des technologies plus précises qui sont définies dans la légende sous la carte et qui correspondent à des zones colorées sur la carte panoramique. Le sommet en vert correspondant au mot clé dominant « SOUPAPE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent le ravitaillement des satellites. Le sommet en orange correspondant au mot clé dominant « RADAR À OUVERTURE » peut être lié aux inventions brevetées dans le domaine de la recherche sur le traitement des données brutes SAR. Le sommet en jaune correspondant au mot clé dominant « CLIENT » peut être lié aux inventions brevetées qui visent des mécanismes

d'amarrage de véhicules spatiaux, des mécanismes de saisies d'engins spatiaux et de systèmes d'éjection de charge utile. Enfin, le sommet en rouge correspondant au mot clé dominant « COMMUN » peut être lié aux inventions brevetées qui visent la stabilisation de plateformes pour les charges utiles, la modélisation de l'environnement 3D et les organes terminaux effecteurs.

Dans le secteur Science de l'espace, 21 inventions brevetées ont été relevées, les mots clés dominants étant : « paramètres », « convertir », « plateforme » et « nuit ». Ces mots clés sont peut-être ceux qui sont les plus omniprésents. Si l'on regarde les mots clés de deuxième niveau, on voit que la technologie est très liée à la science et qu'il pourrait être difficile de repérer des brevets propres à la science. C'est pourquoi l'utilisation de codes de CIB appropriés serait nécessaire pour identifier les inventions brevetées liées au secteur Science de l'espace. Les principaux codes de CIB pour le secteur Science de l'espace comprennent : H02J (Circuits ou systèmes pour l'alimentation ou la distribution d'énergie électrique), F21V (Caractéristiques des dispositifs d'éclairage), H02G (Installation de câbles ou de lignes électriques), G01T (Mesure des radiations nucléaires ou des rayons X) et F21S (Dispositifs d'éclairage non portatifs).

Si, à partir de cette carte panoramique, on effectue une analyse plus poussée des données sur les brevets, certaines technologies clés deviennent évidentes. Les technologies clés associées à chaque sommet figurent dans la légende sous la carte et correspondent aux sommets colorés. Le sommet en vert correspondant au mot clé dominant « NUIT » peut être lié aux inventions brevetées qui visent des technologies pour les prises de lampes de sécurité configurables. Le sommet en orange correspondant aux mots clés de deuxième niveau « géologique, image géologique et horloge haute précision » peut être lié aux inventions brevetées liées au domaine de recherche sur les systèmes d'acquisition de données sismiques, la recharge sans fil par induction et les ascenseurs spatiaux. Le sommet en jaune correspondant au mot clé dominant « PARAMÈTRE » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les systèmes de validation des capteurs de données. Enfin, le sommet en rouge correspondant aux mots clés de deuxième niveau « substrat, émission et spectroscopie » peut être lié aux inventions brevetées qui visent les détecteurs de neutrons.

Figure 27 : Inventions brevetées au Canada dans le secteur Science de l'espace (21 inventions brevetées) Cette image est disponible sur notre site web en version pleine grandeur : http://ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/wr04393.html#figure27.

CONCLUSION

Le présent rapport, issu d'un effort déployé conjointement par l'OPIC et l'ASC, examine les dépôts de brevets et l'activité économique dans le secteur spatial. Il explore l'utilisation des inventions brevetées comme indicateur pour mesurer l'innovation et présente la méthodologie utilisée pour mettre au point une solide stratégie de recherche de brevets dans le secteur spatial. Bien que l'activité liée aux brevets dans les technologies spatiales n'est pas aussi prévalente que dans d'autres secteurs manufacturiers ou technologiques, le nombre de dépôts de brevets à l'échelle mondiale dans le secteur spatial a augmenté de manière constante au cours des 40 dernières années, et les revenus mondiaux se sont accrus de plus de 70 % au cours des 10 dernières années.

Cette solide stratégie de recherche de brevets a généré un ensemble de résultats qui compte 86 000 inventions brevetées reliées au secteur spatial mondial; des organismes, gouvernements, universitaires et établissements de recherche canadiens ont pris part à 1 200 de ces brevets. L'application de l'indice de l'avantage technologique révélé de l'OCDE a démontré que le Canada possède un avantage technologique dans le secteur spatial, à la lumière de l'activité liée aux brevets. Cela pourrait supposer que le Canada exerce une influence internationale plus forte que sa taille le laisse croire.

Grâce aux données issues du rapport annuel de l'ASC sur le secteur spatial, l'ensemble de données mondiales a été précisé afin de relever des organismes actifs dans le secteur spatial canadien, ce qui a donné lieu à un sous-ensemble de 128 organismes canadiens et 493 inventions brevetées. L'analyse de cet ensemble de données a révélé des changements relativement aux inventions brevetées par des Canadiens dans le secteur spatial. À la fin des années 1990, les inventions étaient principalement produites dans le segment en amont; désormais, la plupart des inventions brevetées dans le secteur spatial canadien sont produites dans le segment en aval, ce qui suit la tendance mondiale. Bien que de grands acteurs dans le secteur spatial dominent sur le plan de la génération de revenus et des dépenses en R. et D., les PME jouent un rôle important dans le dépôt de brevets. Les PME représentent 83 % des organismes qui demandent des brevets d'invention et sont à l'origine de 83 % de l'ensemble des inventions brevetées dans le secteur spatial canadien. Pourtant, les PME ne sont responsables que de 30 % des revenus et de 30 % des dépenses en R. et D. dans le secteur spatial canadien.

Les cartes panoramiques des brevets sont utilisées dans ce rapport pour faciliter le repérage de mots clés, de codes de CIB et de technologies clés mises au point dans le secteur spatial canadien. Les cartes panoramiques des brevets ont été décomposées davantage par segment de chaîne de valeur et secteur d'activité au Canada. Cette information permet de présenter la recherche entreprise dans le secteur spatial canadien, et met en lumière les mots clés, les codes de CIB et les secteurs technologiques particuliers qui y sont liés. Du point de vue technologique, les trois principaux codes de CIB associés aux inventions brevetées à l'échelle mondiale dans le secteur spatial comprennent les suivants : Détermination de la direction par radio (G01S), Systèmes de commande du trafic (G08G) et Astronautique; véhicules ou équipement (B64G). Les organismes canadiens soumettent également des demandes de brevets dans ces secteurs technologiques; toutefois, la plupart de leurs inventions brevetées sont classées dans les technologies suivantes : G01S (Détermination de la direction par radio), G01C (Mesure des distances, des niveaux et des relèvements) et H04B (Transmission).

L'analyse des brevets s'est aussi avérée utile pour définir cinq grandes grappes organisationnelles de l'activité dans le secteur spatial, dans la région du Grand Toronto, de Montréal, de Vancouver, de Calgary et d'Ottawa. Du simple fait de leur emplacement, les organismes qui font partie de ces grappes pourraient profiter d'une productivité accrue, d'une innovation plus rapide grâce à la collaboration et de la création de petits organismes se consacrant aux besoins particuliers de cette industrie.

La combinaison des données du rapport annuel de l'ASC aux données sur les brevets a permis de déceler plusieurs relations positives. Ces relations comprennent : une relation entre le nombre d'employés en R. et D. par organisme et le nombre d'inventions brevetées annuellement; une relation entre le revenu et les dépenses en R. et D.; une relation entre le revenu et les employés en R. et D.; une relation entre les dépenses en R. et D. et les employés en R. et D.; ainsi qu'une relation entre les dépenses en R. et D. et le nombre d'inventions brevetées annuellement.

Enfin, on peut établir un lien entre la recherche réalisée dans le cadre de ce rapport et le mandat d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada, qui consiste à promouvoir l'innovation et la science; à appuyer la commercialisation de plus de recherches et d'idées; à aider les petites entreprises à croître grâce à l'innovation; à soutenir la recherche scientifique et à prendre en compte des facteurs scientifiques dans nos choix d'investissement et nos politiques.[xxii] Ce rapport présente l'activité liée aux brevets dans le secteur spatial canadien au fil du temps, et définit des secteurs particuliers de la technologie spatiale qui sont développés au Canada. Nous espérons que ce rapport servira de tremplin à d'autres recherches plus approfondies sur l'activité liée aux brevets dans le domaine des technologies spatiales ciblées.

ANNEXE A — RÉSULTATS DE LA RÉGRESSION

	Dependent Variable Annual Patented Inventions		**Dependent Variable Revenue (Constant)**
Dépenses en R. et D.	0,197**	Familles de brevets (annuel)	0,109*
	(0,0854)		(0,0602)
		PIB É.-U.	78,43
			(65,3)
	-3,375**		1,948
Constante	(1,468)	Constante	(1,800)
R-carré		R-carré	
En deçà	0,0727	En deçà	0,0409
Entre	0,1688	Entre	0,1571
Global	0,1925	Global	0,037
Observations	235	Observations	309
Nombre d'entreprises	31	Nombre d'entreprises	32

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1
Erreurs-types robustes entre parenthèses
À noter que des variables binaires relatives aux années sont incluses dans les modèles

ANNEXE B — L'INDICE D'AVANTAGE TECHNOLOGIQUE RÉVÉLÉ

L'Indice d'avantage technologique révélé

Afin de mieux comprendre les forces du Canada dans le domaine de la recherche sur la technologie spatiale, nous avons utilisé l'indice d'avantage technologique révélé (ATR) qui a été mis au point par l'OCDE et qui permet, d'après l'intensité de l'activité de brevetage, de comparer les industries de pays de différentes tailles sur une base relative. L'indice est calculé de manière à corriger les nombres absolus des inventions brevetées et ainsi tenir compte du fait que certains pays déposent davantage de demandes de brevet que d'autres dans tous les secteurs technologiques. Dans le présent rapport, l'indice d'ATR est utilisé pour déterminer dans quels domaines les Canadiens détiennent un avantage comparatif par rapport à la concurrence.

La formule utilisée pour calculer l'indice d'ATR est la suivante :

$$ATR = \frac{\left({}^{(P_{i,t})}/_{(\sum_t P_{i,t})} \right)}{\left({}^{(\sum_i P_{i,t})}/_{(\sum_i \sum_t P_{i,t})} \right)}$$

Numérateur
La somme des inventions brevetées pour une catégorie technologique ***t*** dans un pays ***i***, divisée par l'ensemble des inventions brevetées de ce pays ***i***. Ce nombre est obtenu par l'addition de toutes les catégories technologiques, ou toutes les valeurs ***t***.

Dénominateur
La somme des inventions brevetées pour une catégorie technologique ***t*** dans tous les pays, divisée par la somme des inventions brevetées pour l'ensemble des technologies et des pays. Ce nombre est obtenu par l'addition de tous les pays, ou des valeurs ***i*** pour la catégorie t d'intérêt, puis divisé par leur somme pour toutes les catégories technologiques, ou valeurs ***t***.

où ***P*** représentent les brevets

Un ATR supérieur à un indique que l'économie possède une spécialisation relative dans un domaine particulier tandis qu'un ATR inférieur à un indique le contraire. Un ATR égal à un indique que la part des brevets que détient l'économie dans ce domaine particulier est égale à la part qu'elle détient dans tous les domaines, ce qui signifie qu'elle n'est pas spécialisée.[xxiii]

À noter que le nombre total d'inventions brevetées pour le Canada et pour le monde est basé sur des données sur les familles de brevets à orientation étrangère provenant de la base de données de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI). La raison pour laquelle les données de l'OMPI ont été utilisées est que les données pouvant être extraites de la base de données de Derwent Innovation étaient assujetties à des restrictions.

[iii]https://science.howstuffworks.com/innovation/inventions/top-5-nasa-inventions3.htm et https://list25.com/25-coolest-nasa-discoveries-that-changed-your-life/

[iv]Cinq inventions spatiales canadiennes (autres que le Canadarm) http://www.macleans.ca/society/life/5-canadian-space-inventions-that-arent-the-canadarm/

[v]Le panorama économique du secteur spatial 2014 (OCDE)

[vi]ASC – État du secteur spatial canadien, OCDE — Le panorama économique du secteur spatial 2014

[vii]Hanel, Petr, (2008). "The Use of Intellectual Property Rights and Innovation by Manufacturing Firms in Canada," Economics of Innovation and New Technology 17(4), p. 285 à 309.

[viii]Enquête sur le financement et la croissance des petites et moyennes entreprises de 2014, ISDE et Statistique Canada

[ix]Baldwin, John R. et Gellatly, Guy. 2006. « Capacités d'innovation : le capital de savoir, gage de survie et de croissance des entreprises », Série de documents de recherche sur l'économie canadienne en transition, Statistique Canada

[x]Dernis, H. et D. Guellec. 2001. Using patent counts for cross-country comparisons of technology output. STI mimeo, OCDE.

[xi]Kleinknecht, Alfred, Van Montfort, Kees et Brouwew, Erik, (2002). « The Non-Trivial Choice Between Innovation Indicators » Economics of Innovation and New Technology 11(2), 109-121

[xii]Évaluation détaillée des répercussions socioéconomiques du secteur spatial canadien.

[xiii]The Space Foundation – *Summary of the Space Report*; information sur l'industrie spatiale internationale, 2005-2015

[xiv]Les revenus présentés n'incluent pas les revenus de diffusion

[xv]État du secteur spatial canadien, 2014-2015

[xvi]R&D intensity is Manufacturing BERD/Manufacturing Direct Contribution to GDP

[xvii]State of the Canadian Space Sector 2015

[xviii]Enquête sur le financement et la croissance des petites et moyennes entreprises de 2014, ISDE et Statistique Canada

[xix]Le panorama économique du secteur spatial 2014 (OCDE)

[xx]Eight Great Technologies: Satellites – A patent overview (UKIPO)

[xxi]https://www.mita.gov.mt/en/DigitalOutReach/poolingforclusters/Pages/Benefits-of-Clusters.aspx

[xxii]Space and Innovation 2016

[xxiii]https://www.space.com/39899-space-robotic-arm-inspires-surgery-tool.html

[xxiv]Innovation, Sciences et Développement économique, Plan ministériel 2017-2018 https://www.ic.gc.ca/eic/site/017.nsf/vwapj/2017-18-ISED-DepartmentalPlan-Final-EN.pdf/$file/2017-18-ISED-DepartmentalPlan-Final-FR.pdf

[xxv]National research university higher school of economics (PDF), https://www.hse.ru/data/2013/04/10/1297571825/09STI2013.pdf